



Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas
DEECO - Departamento de Economia
Ciências Econômicas



Leandro Daniel da Silva

**“Eficiência na Transformação da Renda Minerária CFEM em
Capacidade Fiscal Municipal: Uma Análise DEA de Municípios
Mineradores Mineiros”**

Monografia de Graduação

Mariana, 2026

Leandro Daniel da Silva

**“Eficiência na Transformação da Renda Minerária CFEM
em Capacidade Fiscal Municipal: Uma Análise DEA de
Municípios Mineradores Mineiros”**

Trabalho apresentado ao Colegiado do Curso
de Ciências Econômicas da Universidade Fe-
deral de Ouro Preto como requisito parcial
para a obtenção do Grau de Economista.

Universidade Federal de Ouro Preto

Orientador: Prof. Victor Maia Senna Delgado, Dr.

Mariana

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586e Silva, Leandro Daniel Da.
Eficiência na Transformação da Renda Minerária CFEM em Capacidade
Fiscal Municipal [manuscrito]: Uma Análise DEA de Municípios
Mineradores Mineiros. / Leandro Daniel Da Silva. - 2026.
74 f.: il.: gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Victor Maia Senna Delgado.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Graduação em Ciências
Econômicas .

1. Análise de envoltória de dados. 2. Compensação financeira pela
exploração de recursos minerais - Minas Gerais. 3. Finanças públicas -
Minas Gerais. 4. Sustentabilidade. I. Delgado, Victor Maia Senna. II.
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 336.1(815.1)

Bibliotecário(a) Responsável: Essevalter De Sousa - Bibliotecario CRB6 1407



FOLHA DE APROVAÇÃO

Leandro Daniel da Silva

**Eficiência na transformação da renda minerária CFEM em capacidade fiscal municipal:
uma análise DEA de municípios mineradores mineiros**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovada em 24 de julho de 2026

Membros da banca

Dr. Victor Maia Senna Delgado - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Cristiane Márcia dos Santos - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Carlos Eduardo da Gama Torres - Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Dr. Victor Maia Senna Delgado, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 07/08/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Victor Maia Senna Delgado, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/08/2026, às 12:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1154800** e o código CRC **31132AE9**.

Agradecimentos

Agradeço, de forma especial, ao meu professor orientador, Doutor Victor Maia Senna Delgado, pela dedicação, orientação e apoio ao longo de toda a construção deste trabalho. Sua competência acadêmica, disponibilidade e valiosas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

*”A ciência é o antídoto para o
veneno do entusiasmo e da
superstição.”*

— Adam Smith.

Resumo

A presente monografia analisa a eficiência fiscal dos municípios mineradores de Minas Gerais, com nível de dependência da CFEM superior a 10% na Receita Corrente Líquida, na utilização dos recursos, buscando verificar se a elevada disponibilidade de receitas minerais se converte efetivamente em sustentabilidade fiscal. O estudo fundamenta-se na hipótese de que a abundância de recursos provenientes da mineração não garante, por si só, melhor desempenho fiscal. Metodologicamente, a pesquisa utiliza a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA), com aplicação do modelo de supereficiência orientado a *output*, permitindo identificar municípios com desempenho acima da fronteira eficiente tradicional. Como *input* foi utilizada a CFEM per capita, enquanto os *outputs* corresponderam ao resultado primário per capita, à poupança corrente per capita, à autonomia financeira e à independência de transferências. Considerando a existência de variáveis negativas, aplicou-se transformação por translação nos dados, preservando sua estrutura relativa e garantindo a viabilidade do modelo. O tratamento da base incluiu identificação e manutenção de *outliers* relevantes, análise de valores faltantes e aplicação de correlação de *Spearman*, considerando a ausência de normalidade dos dados. Os resultados evidenciaram baixa correlação entre a CFEM per capita e os indicadores fiscais, indicando que municípios com elevada arrecadação mineral não necessariamente apresentam melhor desempenho fiscal. Adicionalmente, observou-se elevada heterogeneidade entre os municípios analisados, com casos de elevada supereficiência coexistindo com municípios fortemente dependentes da mineração e baixos níveis de eficiência. Os achados sugerem que a sustentabilidade fiscal municipal não depende exclusivamente do volume disponível de recursos provenientes da atividade mineral. Dessa forma, o estudo contribui para o debate sobre dependência mineral, eficiência fiscal e sustentabilidade das finanças públicas municipais.

Palavras-chaves: CFEM; DEA; Supereficiência; Sustentabilidade Fiscal; Municípios Mineradores; Finanças Públicas.

Abstract

This monograph analyzes the fiscal efficiency in the allocation of resources by mining municipalities in Minas Gerais with a CFEM dependence level exceeding 10% of Net Current Revenue, seeking to verify whether high availability of mineral revenues effectively translates into fiscal sustainability. The study is grounded on the hypothesis that the abundance of resources from mining does not, by itself, guarantee better fiscal performance. Methodologically, the research utilizes the Data Envelopment Analysis (DEA) technique, applying an output-oriented super-efficiency model, which allows the identification of municipalities with performance above the traditional efficient frontier. CFEM per capita was used as the input, while the outputs corresponded to the primary balance per capita, current savings per capita, financial autonomy, and independence from transfers. Considering the existence of negative variables, a translation transformation was applied to the data, preserving its relative structure and ensuring the viability of the model. The dataset treatment included the identification and maintenance of relevant outliers, analysis of missing values, and the application of Spearman's correlation, given the non-normality of the data. The results evidenced a low correlation between CFEM per capita and fiscal indicators, indicating that municipalities with high mineral revenue do not necessarily present better fiscal performance. Additionally, high heterogeneity was observed among the analyzed municipalities, with cases of high super-efficiency coexisting with municipalities heavily dependent on mining and exhibiting low efficiency levels. The findings suggest that municipal fiscal sustainability does not depend exclusively on the available volume of resources from mining activity. Thus, the study contributes to the debate on mineral dependence, fiscal efficiency, and the sustainability of municipal public finances.

Key-words: CFEM; DEA; Super-efficiency; Fiscal Sustainability; Mining Municipalities; Public Finance.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Fluxograma metodológico da pesquisa.	17
Figura 2 – Localização dos Municípios de Minas Gerais destacados na pesquisa. . .	28
Figura 3 – Mapa de calor Matriz de Spearman	40
Figura 4 – relação entre Cfem <i>per capita</i> e eficiência DEA (Super BCC).	44

Lista de tabelas

Tabela 1 – Classificação dos Municípios segundo o Nível de Dependência da CFEM na Receita Corrente Líquida (2021)	27
Tabela 2 – Variáveis utilizadas no modelo de análise fiscal	36
Tabela 3 – Matriz de correlação de <i>Spearman</i> entre as variáveis do modelo	39
Tabela 4 – Frequência de utilização dos benchmarks como referência	42
Tabela 5 – Municípios com maiores níveis de eficiência fiscal	42
Tabela 6 – Municípios com menores níveis de eficiência fiscal	43
Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024	49
Tabela 8 – Rank DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024	59
Tabela 9 – Mapeamento principais <i>benchmarking</i>	67

Lista de abreviaturas e siglas

AF	Autonomia Financeira.
ANM	Agência Nacional de Mineração.
BCC	Modelo DEA com Retornos Variáveis de Escala (Banker, Charnes e Cooper).
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração Mineral.
CRS	Retornos Constantes de Escala (Constant Returns to Scale).
DC	Despesa Corrente.
DEA	Data Envelopment Analysis (Análise Envoltória de Dados).
DMU	Decision Making Unit (Unidade Tomadora de Decisão).
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IQR	Intervalo Interquartil (Interquartile Range).
IT	Independência de Transferências.
LRF	Lei de Responsabilidade Fiscal.
PC	Poupança Corrente.
RC	Receita Corrente.
RCL	Receita Corrente Líquida.
RP	Resultado Primário.
RREO	Relatório Resumido da Execução Orçamentária.
RT	Receita Tributária.
SICONFI	Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro.
VRS	Retornos Variáveis de Escala (Variable Returns to Scale).

Lista de símbolos

IQR	Intervalo Interquartil
$CFEM_{pc}$	CFEM per capita.
IQR	Intervalo interquartil (Interquartile Range).
m	Número de inputs do modelo DEA.
n	Número total de municípios (DMUs).
N	Número total de observações.
PC_{pc}	Poupança Corrente per capita.
Q_1	Primeiro quartil.
Q_3	Terceiro quartil.
RP_{pc}	Resultado Primário per capita.
s	Número de outputs do modelo DEA.
$\bar{x}$	Média amostral.
x_i	Input da i -ésima Unidade Tomadora de Decisão (DMU).
y_i	Vetor de outputs da i -ésima Unidade Tomadora de Decisão (DMU).
λ	Peso atribuído às DMUs de referência.
μ	Média populacional.
ρ	Coefficiente de correlação de Spearman.
σ	Desvio-padrão.
ϕ	Escore de eficiência orientado a outputs.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização	13
1.2	Problema de Pesquisa	15
1.3	Objetivo geral e objetivos específicos	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	Eficiência por Fronteiras Não Paramétricas e Equilíbrio Fiscal Público	18
2.1.1	Fronteiras Não Paramétricas e DEA	18
2.2	Modelo CCR	19
2.2.1	Formulação Envoltória Orientada a Input	19
2.2.2	Formulação Envoltória Orientada a Output	19
2.3	Modelo BCC	19
2.3.1	Formulação Envoltória Orientada a Input	20
2.3.2	Formulação Envoltória Orientada a Output	20
2.3.3	Supereficiência na DEA	20
2.3.4	Modelo DEA BCC de supereficiência com Orientação a <i>Outputs</i>	20
2.4	Metodologia de Análise Envoltória de Dados aplicada às finanças municipais	22
3	METODOLOGIA E DADOS	24
3.1	Delineamento da Pesquisa	24
3.2	Unidade de Análise e Delimitação da Amostra	24
3.3	Período de Análise e Fontes de Dados	24
3.3.1	Modelo DEA e Orientação da Análise	25
3.4	Procedimentos de Análise	25
3.5	Limitações Metodológicas	26
3.6	Base de dados e recorte temporal	26
3.7	Construção das variáveis fiscais a partir do RREO	29
3.7.1	CFEM <i>per capita</i>	29
3.7.2	Resultado Primário <i>per capita</i>	29
3.7.2.1	Receitas Primárias	31
3.7.2.2	Despesas Primárias	31
3.7.3	Autonomia Financeira Municipal	32
3.7.4	Dependência de Transferências Intergovernamentais	33
3.7.5	Poupança Corrente per capita	34
3.8	Tratamento de Dados Faltantes e Mudanças na Declaração Fiscal	36

3.8.1	Inconsistências Observadas	36
3.8.2	Mudanças nos Padrões de Declaração Contábil	36
3.8.3	Critérios para o Tratamento de Dados	37
4	ANÁLISE INTEGRADA DA EFICIÊNCIA FISCAL DOS MUNICÍPIOS	41
5	CONCLUSÃO	46
	APÊNDICE A – RESULTADO DEA SUPEREFICIÊNCIA BCC OUT- PUTS 2015-2024 POR MUNICÍPIO	48
	APÊNDICE B – RANK DEA SUPEREFICIÊNCIA BCC OUTPUTS 2015-2024	58
	APÊNDICE C – MAPEAMENTO PRINCIPAIS BENCHMARKING	66

1 Introdução

1.1 Contextualização

A atividade minerária desempenha papel estratégico na economia brasileira, especialmente no âmbito local, onde a exploração de recursos minerais frequentemente constitui a principal base produtiva e fiscal de diversos municípios. No Estado de Minas Gerais, essa importância é historicamente consolidada, uma vez que o território concentra parcela significativa da produção mineral nacional, sendo responsável por expressiva arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). Essa receita representa uma fonte importante de recursos para os cofres municipais, contribuindo para o financiamento de políticas públicas e para a ampliação da capacidade de investimento que tragam benefícios diretos à sociedade, com prioridade para saúde, educação, saneamento, infraestrutura, meio ambiente e diversificação econômica.

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu o marco normativo da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), ao definir, em seu artigo 20, inciso IX, que os recursos minerais e o subsolo são bens da União. O §1º do mesmo artigo prevê que União, Estados, Municípios e Distrito Federal participem dos resultados da exploração desses recursos.

A regulamentação da CFEM iniciou-se com a Lei nº 7.990/1989, que estabeleceu os parâmetros iniciais para arrecadação e repartição dos royalties minerais. Posteriormente, a Lei nº 8.001/1990 detalhou os critérios de distribuição entre os entes federativos. Inicialmente, a legislação definiu que 88% da arrecadação seria distribuída aos entes subnacionais, sendo 23% para Estados e Distrito Federal e 65% para Municípios produtores.

Esse modelo foi significativamente alterado pela Lei nº 13.540/2017, originada da Medida Provisória nº 789/2017, em um contexto de reformulação da política mineral brasileira. Com a nova regra, 90% da arrecadação passou a ser destinada aos entes subnacionais: 15% para Estados e Distrito Federal, 60% para Municípios produtores e 15% para Municípios afetados pela atividade mineradora, antes preteridos na distribuição dos recursos provenientes da compensação financeira.

Posteriormente, o Decreto nº 9.407/2018 regulamentou os procedimentos operacionais relacionados à cobrança e fiscalização da compensação financeira, enquanto a Resolução nº 143/2019 da ANM detalhou os procedimentos para recolhimento e controle dos royalties minerais.

O Decreto nº 11.659/2023, publicado em agosto, estabeleceu o percentual de 55% nos repasses às cidades cortadas por infraestruturas utilizadas para o transporte

ferroviário de substâncias minerais. O documento também aumentou de 30% para 35% as compensações de cidades com estruturas de mineração que viabilizem o aproveitamento industrial da jazida, como pilhas de estéreis e de rejeitos, usinas de beneficiamento, bacias de rejeitos, entre outros. Os municípios afetados por operações portuárias receberão um percentual de 7% e as cidades com minerodutos, 3%.

Desde sua reformulação pela Lei nº 13.540/2017, a CEFEM ampliou sua relevância nas finanças municipais (**Brasil2017**). Insta ressaltar que o recurso não pode ser utilizado para pagamento de dívidas públicas nem para despesas com pessoal (a principal exceção permitida é o pagamento de salários para professores da rede básica).

A CFEM apresenta caráter exógeno e elevada volatilidade, estando sujeita a oscilações nos preços internacionais das commodities minerais, a variações no nível de produção e a fatores regulatórios. Dessa forma, períodos de elevada arrecadação podem ser seguidos por quedas abruptas de receita, comprometendo o planejamento orçamentário e a sustentabilidade fiscal dos municípios mineradores.

Nesse contexto, torna-se relevante compreender de que forma os municípios conseguem transformar a renda mineral em resultados fiscais estruturais, tais como equilíbrio orçamentário, autonomia financeira e estabilidade intertemporal das contas públicas. A simples disponibilidade de recursos não garante, por si só, melhoria na qualidade da gestão fiscal, o que reforça a necessidade de instrumentos analíticos capazes de avaliar a eficiência com que esses recursos são utilizados.

Os municípios mineradores, particularmente aqueles altamente dependentes da atividade mineral, passaram a contar com receitas adicionais capazes de potencializar investimentos em áreas essenciais como saúde, educação, saneamento e infraestrutura urbana. Contudo, a existência de maiores volumes de receita não implica, automaticamente, maior capacidade de equilíbrio fiscal ou menor dependência de transferências. A literatura aponta que a eficiência na utilização dos recursos públicos depende da qualidade da gestão, da capacidade administrativa, da estabilidade institucional e das escolhas políticas realizadas pelos governos locais (**AfonsoFernandes2008; Pritchett2013**).

Diante desse cenário, este estudo propõe a utilização do método de Análise Envolvória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) para avaliar a eficiência dos municípios com participação acima de 10% da CFEM na Receita Corrente Líquida (RCL) em 2021, na transformação da renda mineral em resultados fiscais estruturais.

Diferentemente da maior parte da literatura, que se concentra na eficiência do gasto público ou na provisão de serviços específicos, este trabalho adota uma perspectiva voltada à capacidade fiscal, incorporando indicadores de autonomia financeira, equilíbrio orçamentário e estabilidade fiscal intertemporal.

1.2 Problema de Pesquisa

A Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) constitui uma importante fonte de receitas para diversos municípios mineradores brasileiros, especialmente no estado de Minas Gerais, onde a atividade mineral desempenha papel estratégico na economia regional. Apesar de representar um reforço significativo ao orçamento municipal, a ampliação dessas receitas não é necessariamente acompanhada por melhorias proporcionais na capacidade fiscal dos governos locais. Permanece, portanto, a dúvida acerca da capacidade das administrações públicas de transformar receitas extraordinárias, caracterizadas por elevada volatilidade, em capacidade fiscal sustentável.

Essa problemática torna-se especialmente relevante por três fatores. O primeiro refere-se à assimetria das capacidades administrativas, visto que municípios de pequeno e médio porte frequentemente enfrentam limitações institucionais para planejar, executar e monitorar políticas públicas, mesmo com elevados montantes de CFEM per capita. O segundo diz respeito ao risco de dependência fiscal; a teoria da "maldição dos recursos naturais" indica que receitas abundantes da exploração mineral podem desestimular o fortalecimento institucional, a diversificação econômica e a arrecadação própria local. O terceiro fator é a baixa previsibilidade orçamentária, pois a arrecadação da CFEM oscila conforme os preços internacionais das commodities, variações cambiais e o ritmo de produção das mineradoras, gerando instabilidade e incerteza no planejamento financeiro municipal.

Embora a literatura acadêmica apresente diversos estudos dedicados à análise dos impactos econômicos e sociais das receitas provenientes da mineração, a maior parte dessas pesquisas concentra-se na avaliação do nível dos gastos públicos e da provisão de serviços essenciais, como saúde e educação, dentre os quais se destaca o estudo de (**cirino2023**). Entretanto, permanece limitada a investigação acerca da capacidade dos municípios de converter essas receitas em capacidade fiscal sustentável.

Além disso, poucos trabalhos incorporam explicitamente o risco decorrente da instabilidade dessas receitas na mensuração da eficiência da gestão fiscal, especialmente por meio da Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA).

Diante desse cenário, o presente trabalho busca responder ao seguinte problema de pesquisa: entre os municípios do Estado de Minas Gerais com elevada participação da CFEM na Receita Corrente Líquida (RCL), quais são mais eficientes na transformação das receitas provenientes da atividade minerária, caracterizadas por elevada volatilidade, em capacidade fiscal sustentável?

A relevância desta pesquisa manifesta-se tanto no campo acadêmico quanto no âmbito da gestão pública. Sob a perspectiva acadêmica, o estudo contribui para o avanço da literatura ao aplicar a Análise Envoltória de Dados (DEA) à avaliação da eficiência

fiscal municipal, deslocando o foco tradicional da eficiência do gasto público para a análise da capacidade dos governos locais de transformar receitas minerais em resultados fiscais sustentáveis, incorporando explicitamente o efeito da volatilidade dessas receitas ao modelo de avaliação.

No campo prático, os resultados poderão oferecer subsídios para gestores públicos e formuladores de políticas no desenvolvimento de estratégias fiscais mais resilientes para municípios com elevada dependência da mineração. A identificação dos municípios mais eficientes permitirá a disseminação de boas práticas de gestão fiscal. Além disso, o estudo apresenta elevada relevância regional, considerando que Minas Gerais concentra parcela significativa da produção mineral brasileira e enfrenta desafios históricos relacionados à dependência econômica da atividade minerária o tema de grande interesse para a administração pública.

Além desta introdução, o trabalho está estruturado em quatro capítulos. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico, abordando os principais conceitos relacionados às finanças públicas municipais, à dependência de recursos naturais e às aplicações da Análise Envoltória de Dados (DEA) na avaliação da eficiência governamental. O terceiro capítulo descreve a metodologia e as fontes de dados utilizadas, detalhando o modelo DEA adotado e a operacionalização das variáveis empregadas. O quarto capítulo apresenta e discute os resultados empíricos obtidos, destacando os padrões de eficiência fiscal observados entre os municípios mineradores de Minas Gerais. Por fim, o quinto capítulo reúne as considerações finais, sintetizando as principais conclusões da pesquisa, suas limitações e sugestões para estudos futuros.

1.3 Objetivo geral e objetivos específicos

O objetivo geral deste trabalho é:

Avaliar a eficiência de um conjunto específicos de municípios mineiros na conversão da renda mineral em capacidade fiscal sustentável, por meio do método de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA).

Os objetivos específicos incluem:

1. Identificar os municípios mineiros, eficientes e ineficientes sob a ótica da gestão da renda mineral da CFEM;
2. Mensurar a capacidade dos municípios de gerar resultados fiscais positivos a partir das receitas provenientes da mineração;

3. Estabelecer *benchmarks* fiscais com base nos municípios eficientes;

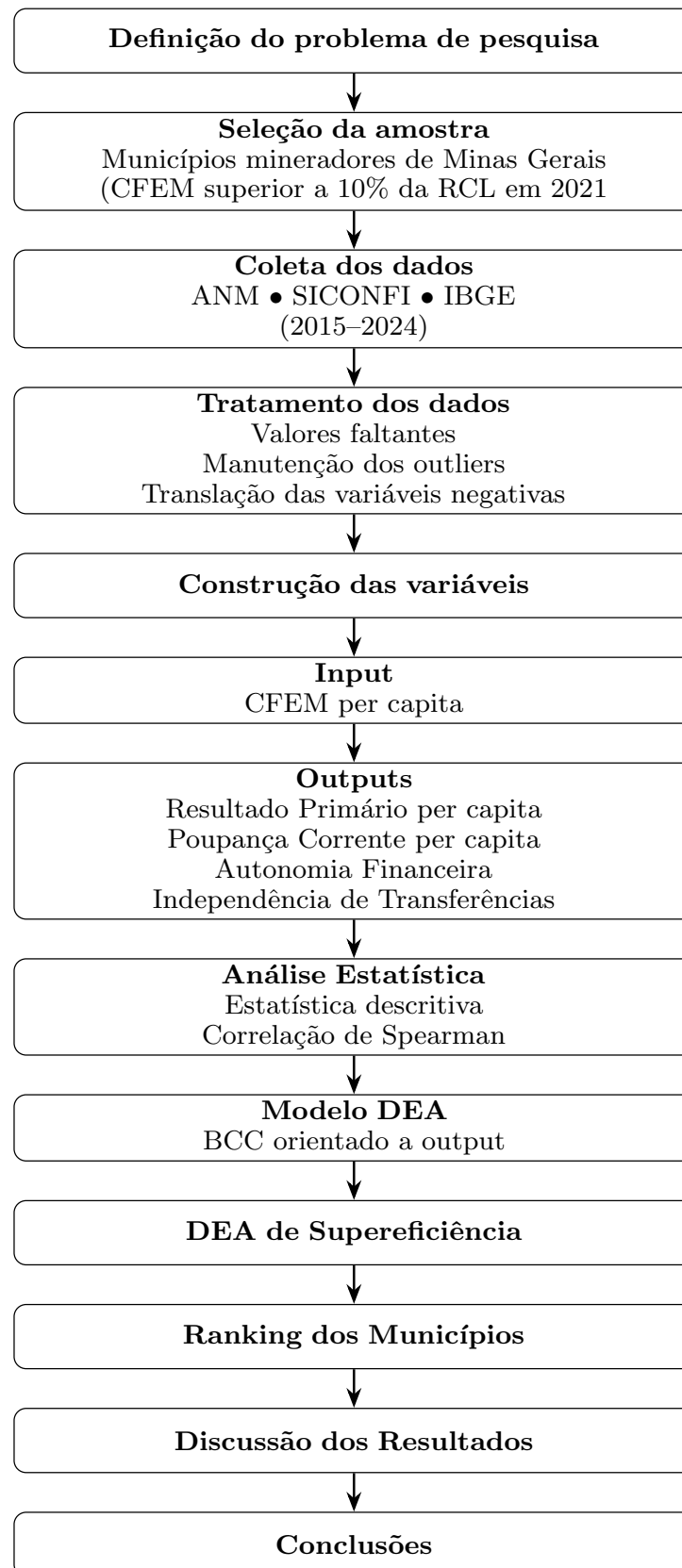


Figura 1 – Fluxograma metodológico da pesquisa.

2 Revisão da Literatura

2.1 Eficiência por Fronteiras Não Paramétricas e Equilíbrio Fiscal Público

A avaliação de eficiência no setor público tem recebido atenção crescente na literatura, impulsionada pela necessidade de comparar o desempenho de unidades governamentais que operam com múltiplos insumos e múltiplos resultados. Uma das abordagens mais robustas para esse tipo de análise é a utilização de fronteiras não paramétricas, em especial a Análise Envoltória de Dados (DEA — *Data Envelopment Analysis*), que não exige uma especificação funcional prévia e permite mensurar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão.

2.1.1 Fronteiras Não Paramétricas e DEA

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é um método não-paramétrico baseado em programação linear para medir a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units* – DMU) que utilizam múltiplos insumos para produzir múltiplos produtos. A técnica estima uma fronteira de eficiência com base nos próprios dados observados. Essa fronteira representa o nível máximo de produtividade possível, reunindo as DMUs (unidades tomadoras de decisão) consideradas eficientes. Já as unidades ineficientes situam-se abaixo dessa fronteira, indicando desempenho inferior em relação às melhores práticas ((Kassai2002)).

O método proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), conhecido como modelo CCR, foi concebido para estimar a eficiência técnica de unidades que transformam insumos em produtos. A partir dessa formulação inicial, Banker, Charnes e Cooper (1984) desenvolveram o modelo BCC, que incorpora a hipótese de retornos variáveis de escala, ampliando a aplicabilidade da técnica para contextos em que a suposição de retornos constantes não é adequada.

Uma das principais vantagens da Análise Envoltória de Dados (DEA) é sua capacidade de lidar simultaneamente com múltiplos insumos (inputs) e múltiplos produtos (outputs), construindo uma fronteira de eficiência com base nas melhores práticas observadas entre as unidades analisadas.

A metodologia DEA pode ser classificada a partir de diferentes critérios, destacando-se o tipo de retornos de escala e a orientação do modelo. Em relação aos retornos de escala, distinguem-se os retornos constantes e os retornos variáveis. Nos retornos constantes de

escala, qualquer variação nos inputs resulta em uma variação proporcional nos *outputs*. Já nos retornos variáveis de escala, essa relação deixa de ser proporcional, permitindo que variações nos insumos gerem aumentos maiores ou menores nos produtos, o que possibilita a ocorrência de retornos crescentes ou decrescentes de escala, conforme o porte e as características das DMUs.

Outro aspecto relevante refere-se à orientação dos modelos, que pode ser voltada para inputs ou para *outputs*. Nos modelos orientados para inputs, busca-se a eficiência por meio da minimização dos recursos utilizados, mantendo-se o nível de produção. Por sua vez, nos modelos orientados para *outputs*, a eficiência é alcançada pela maximização dos resultados sem aumento dos insumos. A escolha entre essas orientações depende dos objetivos da análise, do grau de controle sobre os recursos e produtos, bem como do contexto econômico e institucional das unidades analisadas.

Os principais modelos da DEA são o CCR, que assume retornos constantes de escala, e o BCC, que considera retornos variáveis de escala. O modelo CCR, também conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale*), foi o primeiro a ser desenvolvido e mede a eficiência técnica total das unidades. Já o modelo BCC, ou VRS (*Variable Returns to Scale*), constitui uma extensão do modelo CCR, permitindo isolar a eficiência técnica pura ao desconsiderar os efeitos de escala. Ambos os modelos podem ser aplicados sob orientação para inputs ou *outputs* e são amplamente utilizados como base para análises de eficiência em diferentes contextos.

2.2 Modelo CCR

O modelo CCR assume retornos constantes de escala (CRS).

2.2.1 Formulação Envoltória Orientada a Input

$$\min_{\theta, \lambda} \quad \theta \text{ sujeito a: } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}, \quad \forall i \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad \forall r \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \quad (2.1)$$

2.2.2 Formulação Envoltória Orientada a Output

$$\max_{\phi, \lambda} \quad \phi \text{ sujeito a: } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad \forall i \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{ro}, \quad \forall r \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \quad (2.2)$$

2.3 Modelo BCC

O modelo BCC considera retornos variáveis de escala (VRS).

2.3.1 Formulação Envoltória Orientada a Input

$$\min_{\theta, \lambda} \quad \theta \text{ sujeito a: } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}, \quad \forall i \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad \forall r \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \quad (2.3)$$

2.3.2 Formulação Envoltória Orientada a Output

$$\max_{\phi, \lambda} \quad \phi \text{ sujeito a: } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad \forall i \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{ro}, \quad \forall r \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \quad (2.4)$$

2.3.3 Supereficiência na DEA

Uma das desvantagens associadas à metodologia DEA é a existência, em geral, de mais do que DMU avaliada como eficiente. Nestas circunstâncias, uma questão que se coloca é estabelecer um ranking para as DMUs classificadas como eficientes. Alguns métodos e modelos têm sido propostos na literatura por forma a distinguir as DMUs classificadas como eficientes.

O método da supereficiência, proposto por Andersen e Petersen (1993), baseia-se nos resultados obtidos através dos modelos clássicos CCR e BCC. Este método consiste em excluir do conjunto de referência a DMU em avaliação, permitindo que uma DMU classificada como extremo-eficiente obtenha um índice de eficiência, em geral, maior do que 1, sendo, por isso, designada de supereficiente.

2.3.4 Modelo DEA BCC de supereficiência com Orientação a *Outputs*

O modelo de supereficiência proposto por Andersen e Petersen (1993) permite a ordenação das unidades eficientes ao excluí-las do conjunto de referência. Considerando retornos variáveis de escala (modelo BCC) e orientação a outputs, a formulação para uma DMU o é dada por:

$$\max_{\phi, \lambda} \quad \phi \quad (2.5)$$

sujeito a:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq o}}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (2.6)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq o}}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi \cdot y_{ro}, \quad \forall r = 1, \dots, s \quad (2.7)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq o}}^n \lambda_j = 1 \quad (2.8)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j = 1, \dots, n, j \neq o \quad (2.9)$$

onde:

- x_{ij} representa o i -ésimo *input* da DMU j ;
- y_{rj} representa o r -ésimo *output* da DMU j ;
- λ_j são os pesos atribuídos às DMUs de referência;
- ϕ é o fator de expansão proporcional dos *outputs*;
- n é o número total de DMUs;
- m é o número de *inputs*;
- s é o número de *outputs*.

Neste modelo, a DMU avaliada é retirada do conjunto de referência ($j \neq o$), permitindo calcular sua supereficiência. Valores de $\phi > 1$ indicam que a DMU é supereficiente em relação às demais.

No contexto desta pesquisa:

- Municípios com eficiência maior que 1 são considerados supereficientes na utilização dos recursos da CFEM;
- Municípios com eficiência igual a 1 são considerados eficientes na utilização dos recursos da CFEM;
- Valores inferiores indicam ineficiências na gestão fiscal;

2.4 Metodologia de Análise Envoltória de Dados aplicada às finanças municipais

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*), no contexto de finanças públicas, tem sido utilizada para avaliar a eficiência dos gastos governamentais, a performance na arrecadação e a gestão de recursos. A literatura aponta que modelos não paramétricos são particularmente úteis quando as unidades comparadas não podem ser facilmente reduzidas a uma função de produção única, como ocorre em municípios ou departamentos públicos (**AfonsoAubyn2006**).

Noutro giro, eficiência não se restringe ao uso do gasto, mas está profundamente ligada à capacidade de gerar equilíbrio fiscal sustentável.

De acordo com (**musgrave'musgrave'1989**), a sustentabilidade das contas públicas depende da capacidade de um governo ajustar receitas e despesas de forma que não comprometa o equilíbrio intertemporal das finanças. Essa lógica é ampliada por estudos posteriores que enfatizam a necessidade de governança fiscal, autonomia arrecadatória e estabilidade das receitas para a manutenção de trajetória fiscal sustentável (**AfonsoAubyn2006**).

No presente estudo, no qual a natureza dos dados das finanças públicas municipais, que frequentemente apresentam grandes disparidades de escala entre os entes federativos, optou-se pela utilização do modelo DEA de supereficiência baseado no modelo clássico BCC (Banker, Charnes e Cooper), também conhecido como modelo de Retornos Variáveis de Escala (VRS). Essa escolha justifica-se pela heterogeneidade da amostra, municípios com diferentes portes e capacidades financeiras.

Os modelos de supereficiência baseados nos modelos clássicos diferem destes pelo facto de a DMU em avaliação ser excluída do conjunto de referência. Deste modo, os modelos de supereficiência são baseados numa fronteira de eficiência formada pelas restantes DMUs eficientes.

No contexto desta pesquisa, os municípios são considerados DMUs, utilizando recursos financeiros oriundos da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), para a geração de resultados fiscais.

A metodologia DEA permite analisar a eficiência na transformação de receitas públicas (*inputs*), como a CFEM *per capita*, em resultados fiscais (*outputs*), tais como resultado primário per capita, poupança corrente e indicadores de autonomia financeira. Dessa forma, torna-se possível identificar quais municípios utilizam essa receita da forma mais eficiente.

Adicionalmente, a literatura ressalta que indicadores tradicionais, como gasto *per capita*, são insuficientes para capturar a complexidade da gestão fiscal, pois não consideram fatores como volatilidade de receitas, estrutura tributária, dependência de transferências e

capacidade de ajuste a choques econômicos (**brunet·etal·2014**). Nesse sentido, abordagens que integram múltiplos inputs e *outputs*, como a DEA, mostram-se mais adequadas para a análise da eficiência fiscal municipal.

Diversos trabalhos empregam o DEA para mensurar eficiência fiscal em níveis subnacionais ao redor do mundo. Por exemplo, (**AfonsoAubyn2006**) aplicam DEA para comparar eficiência de governos subnacionais europeus na provisão de serviços públicos. No Brasil, estudos como os de (**faria·jannuzzi·silva·2008**) usam o DEA para analisar a eficiência do gasto municipal em áreas como saúde e educação, evidenciando grande heterogeneidade entre unidades administrativas.

No contexto de municípios dependentes de recursos naturais, a literatura que relaciona *royalties* e eficiência municipal é mais escassa.

Estudos como o de (**ferreira·gomes·2009**) analisam eficiência socioeconômica em municípios mineradores utilizando DEA com a CFEM como insumo para indicadores sociais. Apesar de fornecerem informações relevantes, tais estudos não enfocam diretamente o aspecto fiscal. A literatura sobre economia dos recursos naturais sugere que receitas provenientes de *commodities* geralmente apresentam elevada volatilidade, o que aumenta o risco fiscal dos governos locais que dependem dessas receitas (**sachs·warner·1995**).

E ainda, (**coelli·rao·odonnell·battese·2005**) sugere que modelos DEA podem ser adaptados para fins fiscais incorporando medidas de desempenho como resultado primário, autonomia fiscal, que vão além do gasto. Essa abordagem é particularmente útil em contextos nos quais as receitas são voláteis, como é o caso de municípios mineradores.

3 Metodologia e dados

3.1 Delineamento da Pesquisa

Este estudo adota uma abordagem quantitativa e aplicada, com objetivo descritivo e analítico, utilizando o método de Análise Envolvória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) para avaliar a eficiência relativa dos municípios mineradores do Estado de Minas Gerais na conversão da renda mineral em capacidade fiscal sustentável.

A estratégia metodológica baseia-se na comparação entre unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units* – DMUs), representadas pelos municípios mineradores, considerando múltiplos *inputs* e *outputs* de natureza fiscal. O método DEA mostra-se adequado ao objetivo do trabalho por permitir a mensuração da eficiência relativa sem a necessidade de especificação prévia de uma função de produção, além de acomodar simultaneamente múltiplos indicadores de desempenho.

3.2 Unidade de Análise e Delimitação da Amostra

A unidade de análise do estudo são os municípios mineradores do Estado de Minas Gerais com participação acima de 10% da CFEM na Receita Corrente Líquida (RCL). A seleção da amostra baseia-se na relevância da atividade mineral para as finanças municipais, identificada a partir da arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).

São considerados municípios mineradores aqueles cuja arrecadação de CFEM representa uma parcela significativa da receita corrente total ao longo do período analisado, garantindo que a mineração exerça papel fiscal relevante na estrutura orçamentária local. Esse critério permite excluir municípios com recebimentos esporádicos ou residuais, assegurando maior homogeneidade entre as DMUs avaliadas.

O recorte espacial restrito a Minas Gerais justifica-se pela elevada concentração da atividade minerária no estado, bem como pela comparabilidade institucional e fiscal entre os municípios.

3.3 Período de Análise e Fontes de Dados

O período de análise compreende anos consecutivos de 2015 a 2024, para os quais há disponibilidade consistente de dados fiscais e econômicos municipais. A escolha de uma

série temporal contínua permite captar tanto o nível quanto a volatilidade das receitas minerárias.

As principais fontes de dados utilizadas são:

- Agência Nacional de Mineração (ANM): informações sobre arrecadação da CFEM por município;
- Secretaria do Tesouro Nacional (STN/FINBRA): dados das finanças públicas municipais, incluindo receitas, despesas e resultados fiscais;
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): dados do Produto Interno Bruto municipal, com destaque para o valor adicionado da mineração;
- Indicadores fiscais complementares, quando necessário, para construção de índices de autonomia e dependência financeira.

Todos os dados são tratados de forma padronizada, com valores monetários ajustados para termos reais e expressos, sempre que pertinente, em base per capita, a fim de garantir comparabilidade entre municípios de diferentes portes populacionais.

3.3.1 Modelo DEA e Orientação da Análise

O modelo DEA adotado neste estudo é do tipo BCC (Banker, Charnes e Cooper) de supereficiência, com retornos variáveis de escala, orientado a *outputs*. A escolha por retornos variáveis de escala justifica-se pela heterogeneidade entre os municípios mineradores quanto ao porte populacional, à escala econômica e à intensidade da atividade mineral.

A orientação a *outputs* decorre do fato de que os municípios não controlam diretamente o volume da extração mineral ou os preços das commodities, mas possuem autonomia sobre a gestão fiscal e a alocação dos recursos recebidos. Assim, busca-se avaliar o quanto cada município consegue expandir sua capacidade fiscal mantendo constantes os níveis de renda mineral disponíveis.

O escore de eficiência obtido indica o potencial de expansão proporcional dos *outputs* fiscais sem a necessidade de ampliação dos *inputs* relacionados à mineração.

3.4 Procedimentos de Análise

Após a organização e o tratamento dos dados, o modelo DEA é estimado para cada município minerador, obtendo-se os *escores* de eficiência relativa. Os municípios eficientes formam a fronteira de referência, enquanto os ineficientes são comparados a combinações lineares dessas unidades eficientes.

A análise dos resultados permite identificar *benchmarks* fiscais, padrões de gestão associados à maior eficiência e diferenças estruturais entre municípios com distintos níveis de dependência da mineração.

3.5 Limitações Metodológicas

Embora o método DEA apresente vantagens relevantes, como a flexibilidade funcional e a capacidade de lidar com múltiplos indicadores, algumas limitações devem ser reconhecidas. Os resultados são sensíveis à escolha dos *inputs* e *outputs*, bem como à presença de *outliers*. Além disso, o DEA avalia eficiência relativa dentro da amostra considerada, não permitindo comparações absolutas com municípios fora do conjunto analisado.

Ainda assim, o método mostra-se adequado ao objetivo do estudo, oferecendo evidências robustas sobre a eficiência fiscal dos municípios mineradores de Minas Gerais.

3.6 Base de dados e recorte temporal

A pesquisa utiliza dados fiscais e socioeconômicos dos municípios mineradores do Estado de Minas Gerais, extraídos principalmente do Relatório Resumido da Execução Orçamentária (RREO), disponibilizado pelo Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI), mantido pelo Tesouro Nacional. Em conformidade com a Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar nº 101/2000), foram utilizados os valores realizados acumulados até o sexto bimestre de cada exercício, quando consolida o fechamento do exercício financeiro anual.

Os municípios selecionados correspondem àqueles do estado de Minas Gerais que apresentam maior grau de dependência da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) em sua estrutura de financiamento público, conforme evidenciado na Tabela 1 abaixo.

O período de análise compreendido entre os anos de 2015 e 2024, foi definido de modo a capturar a dinâmica recente das finanças públicas municipais e a volatilidade associada às receitas provenientes da atividade minerária no cenário de pós desastres de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), especialmente a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), respeitando a consistência das séries contábeis após a consolidação do Plano de Contas Aplicado ao Setor Público (PCASP).

Tabela 1 – Classificação dos Municípios segundo o Nível de Dependência da CFEM na Receita Corrente Líquida (2021)

Nível de Dependência	Município	CFEM/RCL (%)
Extrema (>50%)	Conceição do Mato Dentro	71,7
	Belo Vale	71,3
	Itatiaiuçu	57,9
Alta (30–50%)	Itabirito	46,3
	São Gonçalo do Rio Abaixo	46,2
	Mariana	44,9
	Congonhas	44,2
	Catas Altas	36,2
Moderada (20–30%)	Itabira	27,0
	Antônio Dias	26,5
	Brumadinho	25,3
	Santa Bárbara	22,8
Relevante (10–20%)	Piracema	20,0
	Sarzedo	19,8
	Rio Acima	19,4
	Rio Piracicaba	19,1
	Bela Vista de Minas	16,0
	Barão de Cocais	15,6
	Passa Tempo	15,6
	Desterro de Entre Rios	15,6
	Tapira	13,7
	Paracatu	11,1
	Nazareno	10,7

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2023a) e Fundação João Pinheiro (FJP, 2023).

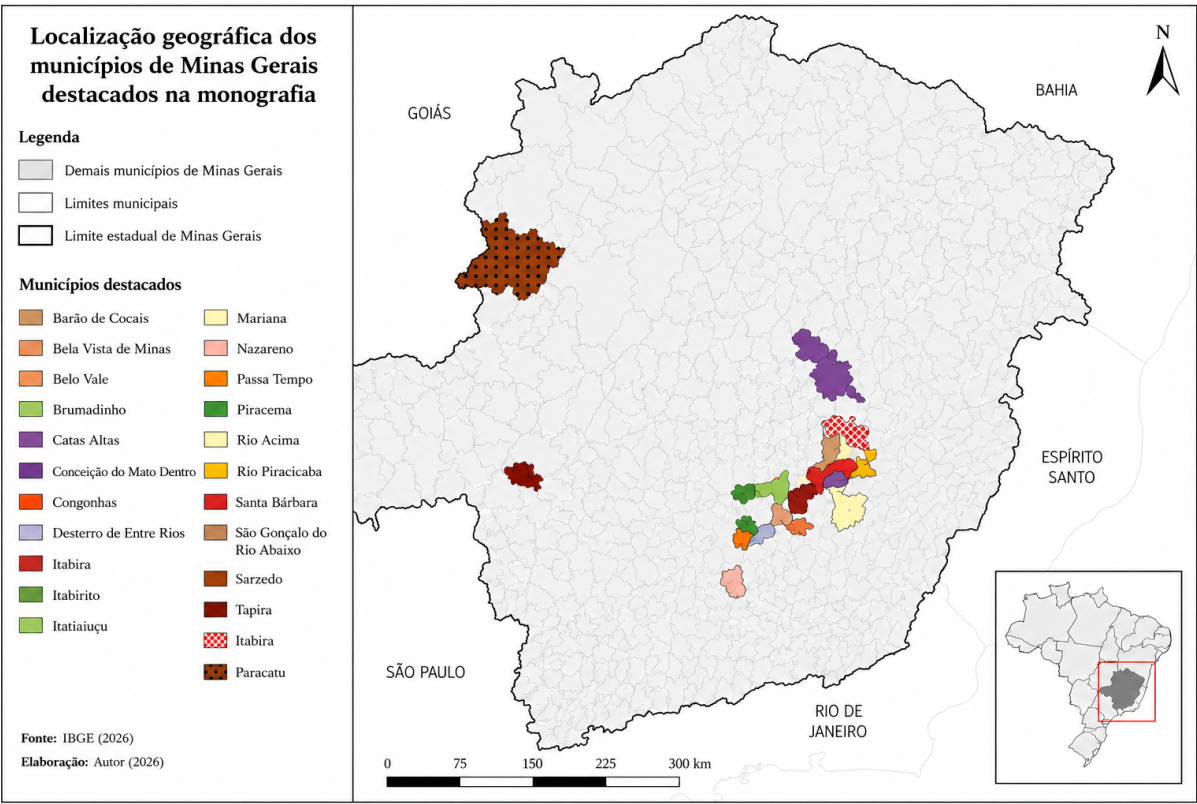


Figura 2 – Localização dos Municípios de Minas Gerais destacados na pesquisa.

3.7 Construção das variáveis fiscais a partir do RREO

3.7.1 CFEM *per capita*

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) per capita foi utilizada como indicador da intensidade relativa da atividade minerária nos municípios analisados, ajustada pelo tamanho da população, a partir das estimativas intercensitárias do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esse procedimento permite a comparabilidade entre municípios com diferentes portes populacionais, reduzindo distorções associadas ao uso de valores absolutos de arrecadação.

A CFEM per capita do município i no período t foi calculada conforme a seguinte expressão:

$$\text{CFEMpc}_{i,t} = \frac{\text{CFEM}_{i,t}}{\text{Pop}_{i,t}} \quad (3.1)$$

em que:

- $\text{CFEMpc}_{i,t}$ representa o valor da CFEM per capita do município i no período t ;
- $\text{CFEM}_{i,t}$ corresponde ao valor da distribuição da cota da CFEM ao município i afetado pela atividade de mineração, conforme determina o art. 2º do Decreto nº 11.659/2023;
- $\text{Pop}_{i,t}$ indica a população residente estimada do município i no período t , conforme as estimativas intercensitárias divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na tabela 6579 do SIDRA.

Optou-se pela utilização dos valores de CFEM distribuídos aos municípios, por representarem efetivamente a receita incorporada ao orçamento público, sendo, portanto, mais adequados à análise de eficiência fiscal via DEA.

Esse indicador é particularmente relevante em estudos sobre sustentabilidade fiscal, dependência de recursos naturais e eficiência na gestão das receitas públicas municipais.

3.7.2 Resultado Primário *per capita*

O resultado primário mensura a capacidade do ente público de gerar poupança suficiente para honrar suas obrigações financeiras. No contexto desta monografia, o resultado primário é utilizado como um dos *outputs* do modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA), refletindo o desempenho fiscal dos municípios mineradores na conversão das receitas oriundas da atividade mineral em equilíbrio orçamentário.

Optou-se pelo cálculo do resultado primário pelo método denominado “acima da linha”, amplamente utilizado pela Secretaria do Tesouro Nacional (STN), no qual o indicador é obtido a partir da diferença entre as receitas primárias e as despesas primárias.

Para os exercícios de 2015, 2016 e 2017, a apuração do resultado primário foi realizada com base nas informações constantes no Relatório Resumido da Execução Orçamentária (RREO), conforme metodologia da Secretaria do Tesouro Nacional. Especificamente, utilizou-se o resultado primário calculado a partir das despesas liquidadas até o bimestre, em razão da indisponibilidade, nesses exercícios, da discriminação detalhada do resultado primário “acima da linha” e “abaixo da linha” nos demonstrativos padronizados.

A opção pelas despesas liquidadas justifica-se por sua maior aderência ao princípio da competência no setor público, uma vez que a liquidação representa o reconhecimento formal da obrigação após a verificação do direito adquirido pelo credor. Diferentemente das despesas empenhadas, que apenas registram a reserva orçamentária, a despesa liquidada reflete com maior precisão a execução efetiva do gasto público no período analisado.

A partir do exercício de 2018, ocorreram alterações relevantes na forma de apresentação e consolidação das informações fiscais no Relatório Resumido da Execução Orçamentária (RREO), decorrentes de atualizações no Manual de Demonstrativos Fiscais (MDF) da Secretaria do Tesouro Nacional. Essas mudanças afetaram especialmente a estrutura dos anexos, a classificação das receitas e despesas e a padronização dos conceitos fiscais utilizados na apuração de indicadores como o resultado primário, a receita corrente e as transferências intergovernamentais.

Em particular, observou-se maior padronização do conceito de resultado primário no Anexo 6 do RREO, com a consolidação da apuração pelo regime de competência, por meio do valor incorrido, bem como ajustes na separação entre receitas e despesas intraorçamentárias e extraorçamentárias. O demonstrativo passou a segregar claramente o Resultado Primário - Acima da Linha (gerado pela execução orçamentária) e o Resultado Primário - Abaixo da Linha (apurado pela variação do endividamento líquido). Tais alterações implicaram descontinuidades pontuais em séries históricas municipais, sobretudo para municípios de menor porte ou com mudanças nos sistemas de registro contábil.

Diante desse cenário, o presente estudo adotou como procedimento metodológico a harmonização das séries fiscais ao longo do período analisado, priorizando, sempre que disponível, as informações padronizadas a partir de 2018, conforme os novos critérios estabelecidos pelo MDF. Para os anos anteriores, foram utilizados dados compatíveis, respeitando-se a equivalência conceitual entre as rubricas, de modo a preservar a comparabilidade intertemporal dos indicadores fiscais.

Formalmente, o resultado primário do município i no período t é definido como:

$$RP_{i,t} = RP_{i,t}^{rec} - RP_{i,t}^{desp} \quad (3.2)$$

em que:

- $RP_{i,t}$ representa o resultado primário do município i no período t ;
- $RP_{i,t}^{rec}$ corresponde às receitas primárias realizadas;
- $RP_{i,t}^{desp}$ refere-se às despesas primárias realizadas.

3.7.2.1 Receitas Primárias

As receitas primárias compreendem o conjunto das receitas correntes e de capital que não possuem natureza financeira. Foram consideradas as receitas correntes realizadas, excluídas as receitas intraorçamentárias, bem como as receitas de capital, à exceção das operações de crédito, e demais receitas de natureza estritamente financeira.

Matematicamente, as receitas primárias podem ser representadas por:

$$RP_{i,t}^{rec} = RC_{i,t} - R_{fin,i,t} \quad (3.3)$$

em que $RC_{i,t}$ denota as receitas correntes realizadas e $R_{fin,i,t}$ representa as receitas financeiras.

3.7.2.2 Despesas Primárias

As despesas primárias correspondem às despesas correntes e de capital que não incluem encargos financeiros, amortizações da dívida ou despesas intraorçamentárias. Para fins de mensuração, foram utilizadas as despesas liquidadas, por representarem o estágio da despesa que efetivamente reflete a execução do gasto público no exercício financeiro.

Assim, as despesas primárias são expressas como:

$$RP_{i,t}^{desp} = DC_{i,t} - D_{fin,i,t} \quad (3.4)$$

em que $DC_{i,t}$ indica as despesas correntes liquidadas e $D_{fin,i,t}$ corresponde às despesas financeiras, incluindo juros e amortizações da dívida.

Um valor positivo do resultado primário indica a ocorrência de *superávit* primário, sinalizando que o município gerou receitas suficientes para cobrir suas despesas primárias no período analisado. Por outro lado, um valor negativo caracteriza *déficit* primário, refletindo desequilíbrio fiscal corrente.

No contexto desta pesquisa, municípios capazes de apresentar resultados primários positivos ou estáveis, mesmo diante de elevada volatilidade da CFEM, são interpretados como mais eficientes na gestão fiscal.

3.7.3 Autonomia Financeira Municipal

A autonomia financeira constitui um indicador central de sustentabilidade fiscal, pois expressa o grau de independência do município em relação às transferências inter-governamentais. No contexto desta monografia, a autonomia financeira é tratada como um *output desejável* do modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA), uma vez que reflete a capacidade do ente municipal de converter receitas oriundas da mineração — potencialmente voláteis — em uma base fiscal própria mais estável e duradoura.

Do ponto de vista conceitual, a autonomia financeira mensura a proporção das receitas correntes totais que é financiada por receitas próprias, isto é, receitas arrecadadas diretamente pelo município no exercício de sua competência tributária e administrativa, sem depender de repasses de outros entes federativos.

Formalmente, a autonomia financeira do município i no período t é definida como:

$$AF_{i,t} = \frac{RP_{i,t}}{RCT_{i,t}} \quad (3.5)$$

em que:

- $AF_{i,t}$ representa o índice de autonomia financeira do município i no período t ;
- $RP_{i,t}$ corresponde às receitas próprias realizadas;
- $RCT_{i,t}$ denota a receita corrente total realizada.

A autonomia financeira municipal foi calculada como a razão entre as receitas próprias e a receita corrente total, resultando em um indicador adimensional limitado ao intervalo $[0,1]$.

As receitas próprias compreendem os ingressos arrecadados diretamente pelo esforço do município, decorrentes do exercício de sua competência tributária e da prestação de serviços públicos. Foram consideradas como receitas próprias as seguintes rubricas, extraídas do demonstrativos do Relatório Resumido da Execução Orçamentária (RREO) do Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI):

- Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS);
- Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU);

- Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis (ITBI);
- Taxas;
- Receitas de serviços.

Destaca-se que a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) **não foi classificada como receita própria**, uma vez que não é receita originária da base tributária municipal.

A Receita Corrente Total foi obtida diretamente do Anexo 01 do RREO, e corresponde à soma das receitas correntes realizadas, excluídas as receitas intraorçamentárias. Incluem-se nessa rubrica as receitas tributárias, patrimoniais, de contribuições, de serviços e as transferências correntes.

Valores mais elevados do índice de autonomia financeira indicam maior capacidade do município de financiar suas despesas correntes com recursos próprios, refletindo maior independência fiscal e menor vulnerabilidade à volatilidade das transferências, incluindo a CFEM.

No contexto do modelo DEA, municípios que apresentam maior autonomia financeira, mesmo diante de elevada volatilidade da CFEM, são interpretados como mais eficientes na transformação das receitas minerais em sustentabilidade fiscal.

3.7.4 Dependência de Transferências Intergovernamentais

A dependência de transferências intergovernamentais expressa o grau em que o financiamento das despesas correntes do município depende de recursos provenientes de outros entes federativos, especialmente da União e do Estado. No contexto das finanças públicas municipais, esse indicador é amplamente utilizado para avaliar a vulnerabilidade fiscal e a autonomia orçamentária dos entes subnacionais.

Formalmente, a dependência de transferências do município i no período t é definida como:

$$DT_{i,t} = \frac{TR_{i,t}}{RCT_{i,t}} \quad (3.6)$$

em que:

- $DT_{i,t}$ representa o índice de dependência de transferências intergovernamentais do município i no período t ;
- $TR_{i,t}$ corresponde ao total de transferências correntes recebidas;
- $RCT_{i,t}$ denota a receita corrente total realizada.

Os dados utilizados para a construção do indicador de dependência de transferências intergovernamentais foram extraídos do Relatório Resumido da Execução Orçamentária (RREO). Na mesma esteira que as variáveis anteriores, foram utilizados os valores realizados acumulados até o sexto bimestre de cada exercício financeiro.

As transferências correntes ($TR_{i,t}$) foram obtidas a partir do Anexo de Receitas do RREO, contemplando as transferências constitucionais (FPM – Fundo de Participação dos Municípios, Cota-parte do ICMS e etc), legais (FUNDEB – Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica, SUS – Sistema Único de Saúde e etc.) e voluntárias (Convênios, Emendas Parlamentares e etc.). A receita corrente total ($RCT_{i,t}$) corresponde à soma das receitas correntes realizadas, excluídas as receitas intraorçamentárias.

Destaca-se que as transferências de capital não foram incluídas no cálculo desse indicador, uma vez que possuem caráter não recorrente e não refletem a capacidade estrutural de financiamento das despesas correntes municipais.

Valores elevados do índice de dependência de transferências indicam maior fragilidade fiscal e menor autonomia financeira, refletindo elevada exposição do município. Em contrapartida, níveis reduzidos desse indicador sinalizam maior capacidade de autofinanciamento e maior estabilidade das contas públicas.

No contexto do modelo DEA, municípios que apresentam menor dependência de transferências intergovernamentais, mesmo diante de elevada volatilidade da CFEM, são interpretados como mais eficientes na conversão das receitas oriundas da mineração em sustentabilidade fiscal.

A Dependência de Transferências foi calculada como a razão entre as transferências correntes e a receita corrente total, ambas extraídas do Anexo 01 do RREO. Essa variável pode ser interpretada como um indicador inverso de sustentabilidade fiscal.

3.7.5 Poupança Corrente per capita

A poupança corrente per capita é um indicador clássico de solvência e sustentabilidade fiscal de curto prazo dos entes subnacionais, refletindo a capacidade do município de gerar excedentes a partir de suas receitas correntes após o pagamento de suas despesas correntes. Trata-se de uma medida relevante para avaliar a margem fiscal disponível para investimentos, amortização de dívida e absorção de choques adversos, especialmente em municípios com elevada dependência de receitas voláteis, como a Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM).

Do ponto de vista conceitual, a poupança corrente corresponde à diferença entre as receitas correntes arrecadadas e as despesas correntes empenhadas no exercício fiscal, conforme a classificação estabelecida pela Lei nº 4.320/1964 e reportada nos Relatórios Resumidos da Execução Orçamentária (RREO).

Formalmente, a poupança corrente do município i no período t é definida por:

$$PC_{it} = RC_{it} - DC_{it} \quad (3.7)$$

em que:

- PC_{it} representa a poupança corrente;
- RC_{it} corresponde às receitas correntes;
- DC_{it} denota as despesas correntes.

Para permitir comparabilidade entre municípios de diferentes portes populacionais, a variável é expressa em termos per capita, utilizando-se a população residente estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Assim, a poupança corrente per capita é calculada como:

$$PCpc_{it} = \frac{RC_{it} - DC_{it}}{POP_{it}} \quad (3.8)$$

em que:

- $PCpc_{it}$ é a poupança corrente per capita do município i no período t ;
- POP_{it} representa a população residente no município i no período t .

Os dados referentes às receitas e despesas correntes foram extraídos do *Relatório Resumido da Execução Orçamentária* (RREO), especificamente do **Anexo 1 — Balanço Orçamentário**, disponibilizado pela Secretaria do Tesouro Nacional (STN) por meio do sistema **SICONFI**.

No contexto do modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA), a poupança corrente per capita é interpretada como um **output desejável**, uma vez que valores mais elevados indicam maior eficiência na conversão das receitas públicas em equilíbrio fiscal e capacidade de planejamento financeiro. Municípios capazes de manter poupança corrente positiva, mesmo diante de receitas voláteis oriundas da mineração, tendem a apresentar maior resiliência fiscal e menor vulnerabilidade a ciclos econômicos adversos.

A tabela apresenta o resumo das variáveis utilizadas no modelo DEA, sua classificação e respectivas fontes de dados.

As variáveis selecionadas apresentam níveis aceitáveis de associação, conforme correlação de *Spearman*, não configurando problemas de redundância, sendo adequadas para a aplicação do modelo DEA.

Tabela 2 – Variáveis utilizadas no modelo de análise fiscal

Variável	Tipo	Descrição	Fonte
CFEM <i>per capita</i>	<i>Input</i>	Receita da CFEM ajustada pela população	ANM / IBGE
Resultado primário <i>per capita</i>	Output	Resultado fiscal primário ajustado pela população	STN
Poupança corrente	Output	Receitas correntes menos despesas correntes	STN
Autonomia financeira	Output	Relação entre receitas próprias e receita total	STN
Dependência de transferências	Output	Grau inverso de dependência intergovernamental	STN

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.8 Tratamento de Dados Faltantes e Mudanças na Declaração Fiscal

O estudo demandou especial atenção ao tratamento de dados faltantes e às mudanças nos padrões de declaração das informações fiscais dos municípios ao longo do período analisado. Essas questões são particularmente relevantes em análise com dados municipais, em função de alterações normativas, mudanças de sistemas contábeis.

3.8.1 Inconsistências Observadas

Ao longo da construção da base de dados, foram identificadas três principais fontes de inconsistência:

- ausência de registros para determinados municípios em anos específicos;
- descontinuidade temporal de variáveis fiscais, especialmente a partir de 2018;
- alterações na estrutura e nomenclatura das contas fiscais declaradas no RREO, em decorrência da adoção de novos padrões contábeis.

3.8.2 Mudanças nos Padrões de Declaração Contábil

A partir de 2017/2018, a consolidação do **Plano de Contas Aplicado ao Setor Público (PCASP)** e a modernização do SICONFI resultaram em mudanças significativas na forma de declaração das finanças municipais. Algumas rubricas passaram a ser agregadas, desagregadas ou reclassificadas, o que afetou diretamente a comparabilidade intertemporal de determinadas variáveis, como por exemplo as RECEITAS TRIBUTÁRIAS. Municípios

passaram a não detalhar rubricas quando o valor é residual, não há esforço fiscal relevante, o custo de detalhamento supera o ganho informacional.

Em particular, observou-se:

- reclassificação de receitas intraorçamentárias;
- maior detalhamento das receitas e despesas previdenciárias (RPPS);
- alterações na forma de registro das transferências intergovernamentais;
- mudanças na estrutura das contas de resultado primário.

3.8.3 Critérios para o Tratamento de Dados

Os procedimentos computacionais deste trabalho foram desenvolvidos utilizando a linguagem de programação Python, amplamente empregada em análises estatísticas, econométricas e aplicações de ciência de dados. A implementação dos códigos, o tratamento da base de dados, a estimação do modelo DEA de supereficiência e a elaboração dos gráficos foram realizados por meio da plataforma Google Colab, ambiente de computação em nuvem que possibilita a execução de scripts em Python de maneira integrada, gratuita e reproduzível.

Inicialmente foi realizada uma etapa de tratamento e validação dos dados. Foram identificadas observações faltantes (NAs), dados com valores negativos e valores extremos nas variáveis analisadas (*outliers*).

Os dados faltantes, representantes de valor inferior a 5% do total das informações, foram tratados por meio de interpolação linear dentro da série temporal de cada município, exceto nos casos em que os valores ausentes se encontravam nas extremidades da série (primeiro ou último ano). Neste caso optou-se pela exclusão dessas observações, uma vez que a ausência de informações anteriores ou posteriores impede a aplicação de métodos de interpolação sem introduzir vieses artificiais nos dados.

A escolha do modelo BCC visa garantir a integridade estatística do estudo diante da presença de valores negativos nas variáveis. Matematicamente, o modelo BCC possui a propriedade de ser invariante à translação. Isso significa que a eficiência técnica calculada permanece inalterada caso uma constante seja somada às variáveis de entrada ou saída.

Para viabilizar o processamento dos dados sem comprometer a integridade dos resultados, aplicou-se uma transformação linear por translação. Inicialmente, identificou-se o valor mínimo global da base de dados (R\$ -10.268,32963), registrado na variável `Resultado_primario_pc`. A esse módulo, adicionou-se uma unidade para determinar a constante somada a todas as observações. Esse procedimento eliminou os valores negativos

e estabeleceu o limite inferior em R\$ 1,00, garantindo que os scores de eficiência calculados permaneçam idênticos aos que seriam obtidos com os dados originais.

No que tange os *outliers*, estes são valores muito acima ou muito abaixo da distribuição, que, se não tratados representam um risco crítico devido à natureza determinística e não paramétrica do método. Como a DEA constrói uma fronteira de eficiência baseada nas observações mais extremas (as melhores práticas, observações), qualquer dado discrepante pode causar distorções na fronteira de eficiência, alterando drasticamente os resultados de todo o conjunto.

Utilizou-se o método do Intervalo Interquartil (IQR), uma técnica estatística não paramétrica que identifica observações que se distanciam significativamente da tendência central. Conforme a literatura estatística clássica, o IQR é a diferença entre o terceiro quartil (Q_3) e o primeiro quartil (Q_1). Foram definidos como *outliers* os valores que ultrapassaram os limites inferior ($Q_1 - 1,5 \times IQR$) ou superior ($Q_3 + 1,5 \times IQR$).¹

As variáveis Resultado Primário e Poupança Corrente, apresentaram um número significativo de *outliers* (48 e 26, respectivamente). Isso sugere a heterogeneidade fiscal entre os municípios, onde determinadas gestões apresentam capacidades de poupança e *superávits* muito superiores à média. A variável CFEM per capita, apresentou 35 *outliers*, alguns municípios recebem volumes de compensação financeira desproporcionais, o que justifica a análise dessa variável em escala logarítmica para mitigar o efeito visual da disparidade. Os indicadores de Autonomia e Independência tem baixa incidência de *outlier*.

Apesar da identificação, optou-se pela manutenção destas DMUs na análise de supereficiência. A justificativa reside no fato de que, em estudos de finanças públicas municipais, os valores extremos muitas vezes não representam erros de coleta, mas sim a realidade econômica excepcional de municípios. O modelo de supereficiência, por definição, é capaz de lidar com essas unidades ao permitir que elas alcancem scores superiores a 1.0, posicionando-as além da fronteira de eficiência padrão.

Nesta etapa seguinte, utiliza-se o Coeficiente de Correlação de Postos de *Spearman* (ρ) para investigar as relações entre a arrecadação da CFEM e o desempenho fiscal dos municípios. Diferente de modelos lineares estritos, a correlação de *Spearman* é um método não paramétrico que avalia a relação monotônica entre as variáveis.

A escolha por este método justifica-se pela grande disparidade na arrecadação per capita (presença de *outliers*) e a ausência de normalidade estatística nas variáveis

¹ O método do intervalo interquartil (*Interquartile Range* – IQR), introduzido por **tukey1977exploratory**, identifica observações potencialmente atípicas a partir da dispersão dos 50% centrais da distribuição. O intervalo interquartil é definido como $IQR = Q_3 - Q_1$, em que Q_1 representa o primeiro quartil e Q_3 o terceiro quartil. São considerados potenciais *outliers* os valores inferiores a $Q_1 - 1,5 \times IQR$ ou superiores a $Q_3 + 1,5 \times IQR$. Trata-se de um procedimento robusto, pouco sensível à influência de valores extremos e adequado para distribuições assimétricas, razão pela qual é amplamente empregado em análises exploratórias de dados.

financeiras. *Spearman* é mais robusto e menos sensível a valores extremos. O objetivo aqui é determinar se o aumento na 'riqueza mineral' per capita é acompanhado por uma melhora consistente nos indicadores de Poupança Corrente, Resultado Primário e Autonomia Fiscal, permitindo validar se a eficiência detectada pelo modelo DEA possui aderência direta ao volume de recursos recebidos.

A análise da eficiência técnica, confrontada com o volume da (CFEM) per capita, evidencia, por meio da correlação de *Spearman* ($\rho = 0,64$), uma associação positiva entre receita e score de eficiência.

No entanto, a análise detalhada sugere que esse desempenho está associado, sobretudo, à capacidade de geração de Poupança Corrente ($\rho = 0,40$), em decorrência da disponibilidade de recurso capaz de sustentar maiores *superávits* correntes. No entanto, a análise detalhada sugere que esse desempenho está associado, sobretudo, à capacidade de geração de Poupança no curto prazo ($\rho = 0,40$), em decorrência da disponibilidade de recurso capaz de sustentar maiores *superávits*, mas não se traduz automaticamente em melhoria consistente dos indicadores fiscais

Por outro lado, a correlação praticamente nula entre a CFEM e os indicadores de Autonomia Financeira e Independência de Transferências ($\rho \approx 0,01$) sugere que a receita mineral, eleva o escore de eficiência por meio da melhora dos indicadores financeiros dos *outputs*, mas não reduz a dependência em relação às transferências constitucionais como (FPM/ICMS), sugerindo que esses indicadores de estrutura fiscal dependem não apenas de volume de recurso mineral.

Tabela 3 – Matriz de correlação de *Spearman* entre as variáveis do modelo

	$CFEM_{pc}$	RP_{pc}	PC_{pc}	AF	IF
$CFEM_{pc}$	1.000	-0.039	0.397	0.015	0.012
RP_{pc}	-0.039	1.000	0.438	-0.171	-0.292
PC_{pc}	0.397	0.438	1.000	0.035	0.083
AF	0.015	-0.171	0.035	1.000	0.729
IF	0.012	-0.292	0.083	0.729	1.000

Fonte: Autor (2026) a partir de dados do SINCONFI (2026).

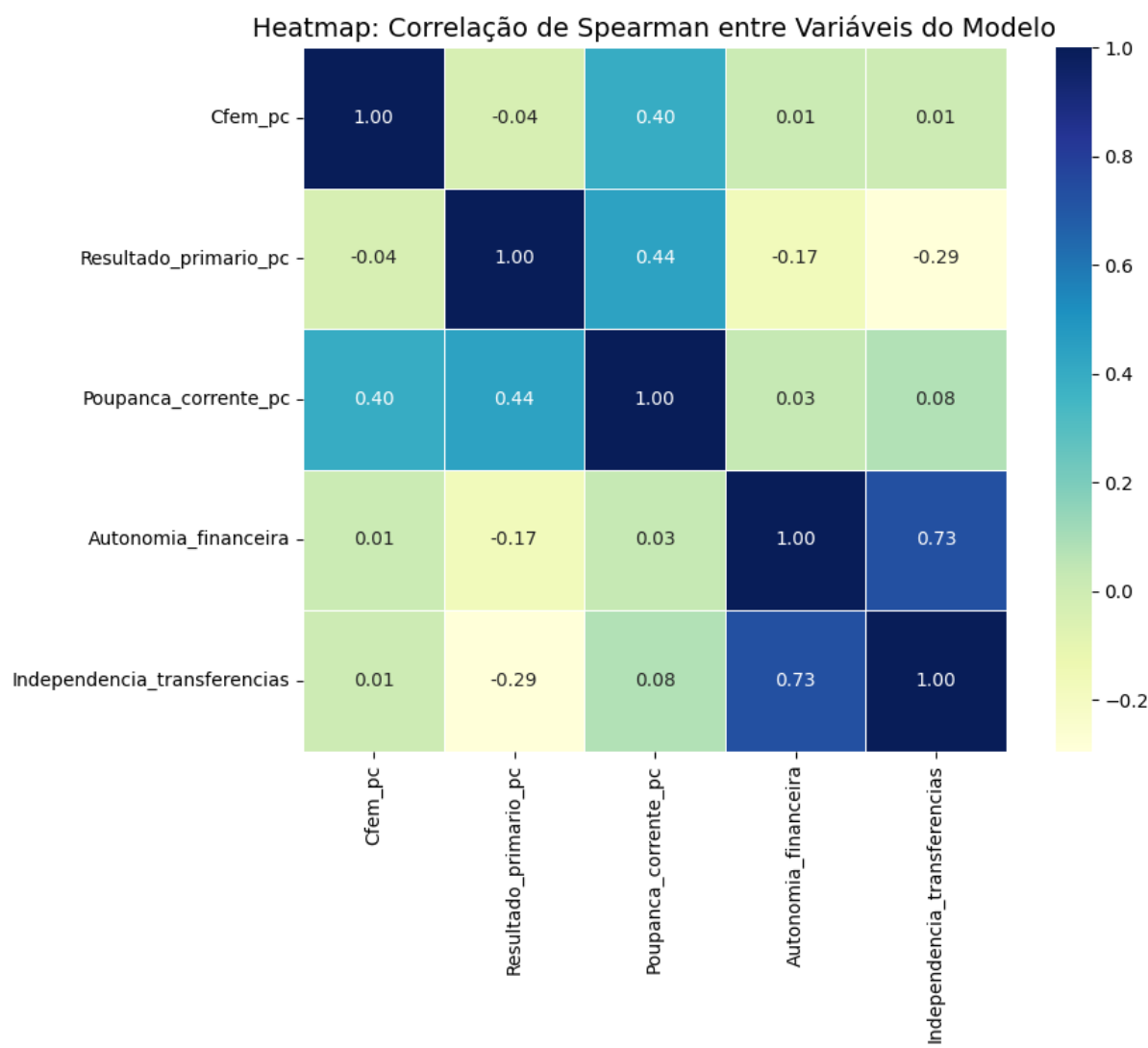


Figura 3 – Mapa de calor Matriz de Spearman

4 Análise Integrada da Eficiência Fiscal dos Municípios

A aplicação do modelo DEA Super-BCC orientado a *output* permitiu não apenas ranquear os municípios, mas também identificar as unidades que compõem a fronteira de eficiência e servem como meta para as DMUs ineficientes. Esta identificação ocorre através dos pesos de referência, denominados Lambdas (λ), que servem como modelo ideal para cada município que opera abaixo da fronteira.

Os resultados da aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) supereficiência para o período de 2015 a 2024, são apresentados de forma detalhada no Apêndice A. Nesse apêndice encontram-se os escores de supereficiência obtidos para cada município e para cada ano analisado, permitindo identificar as Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs) que compõem a fronteira eficiente e aquelas que apresentaram menor desempenho relativo. A partir desses resultados, foi elaborado o ranking de supereficiência dos municípios, apresentado no Apêndice B, no qual as DMUs são ordenadas de acordo com seus respectivos escores de eficiência. Por fim, o Apêndice C apresenta o mapeamento dos principais *benchmarks* e os respectivos municípios para os quais serviram de referência, bem como os seus pesos associados.

Os resultados indicam, preliminarmente, um expressivo número de municípios operando na fronteira de eficiência. O escore médio obtido foi de 1,32, revelando também uma acentuada heterogeneidade entre os municípios da amostra. Esse comportamento é esperado no contexto do modelo DEA Super-BCC, uma vez que a abordagem de supereficiência permite que unidades situadas na fronteira eficiente tradicional obtenham escores superiores a unidade.

Para cada município avaliado, o modelo identificou a combinação de municípios localizados na fronteira eficiente que apresentou o melhor desempenho relativo na conversão da cota parte da CFEM em resultados fiscais. Essa combinação, representada pelos pesos (λ), constitui o *benchmark* da DMU, que serve como parâmetro em termos fiscais para o aprimoramento do desempenho dos municípios classificados como ineficientes. Destacaram-se como os principais *benchmarks* os municípios de Brumadinho (2022) e São Gonçalo do Rio Abaixo (2021), que serviram de referência para 122 e 103 outras DMUs, respectivamente, conforme tabela 4.

O detalhamento completo dos municípios de referência, dos respectivos pesos (λ) e das relações de *benchmarking* identificadas pelo modelo DEA encontra-se apresentado no Apêndice C.

Tabela 4 – Frequência de utilização dos benchmarks como referência

Benchmark	Número de vezes utilizado como referência
Brumadinho (2022)	122
São Gonçalo do Rio Abaixo (2021)	103
Santa Bárbara (2022)	88
Rio Piracicaba (2021)	81
Barão de Cocais (2019)	78
Catas Altas (2022)	68

A recorrência dessas unidades como referência repetidamente sugere que elas apresentam as combinações mais eficientes de conversão de CFEM *per capita* em resultados fiscais e autonomia, e não apenas casos isolados de elevado desempenho.

Tabela 5 – Municípios com maiores níveis de eficiência fiscal

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim.	Poup. Corrente	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
Catas Altas	3115359	2018	1548113.21	10304.99	11132.71	0.0606	0.0814	2.5591
Rio Piracicaba	3155702	2019	1438669.95	11568.04	11591.86	0.0635	0.0938	2.4096
Desterro de Entre Rios	3121407	2020	661461.69	10703.16	11152.76	0.0615	0.1156	2.4053
Desterro de Entre Rios	3121407	2021	684267.83	11095.10	11578.62	0.0540	0.1116	2.3822
Rio Piracicaba	3155702	2018	842734.38	10436.19	10663.90	0.0787	0.1094	2.3617
Rio Piracicaba	3155702	2016	418192.18	10364.33	10440.20	0.0814	0.1203	2.3373
Belo Vale	3106408	2017	1304641.24	11196.25	11279.85	0.0802	0.1058	2.2591
Piracema	3150604	2024	481066.70	9804.70	10766.80	0.0505	0.1477	2.2022
Passa Tempo	3147709	2022	248898.88	9683.21	11552.38	0.0655	0.1402	2.1736

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do IBGE (2025), STN (2025) e ANM (2025).

A tabela 5 é um recorte do Apêndice B com os municípios com maiores níveis de eficiência fiscal. Nela evidenciamos dois perfis de municípios eficientes. O primeiro grupo é formado por municípios com grande arrecadação mineral, que conseguiram converter esse volume de recursos em bons indicadores fiscais.

O segundo grupo é composto por municípios de menor porte, que, mesmo dispendo de menor escala econômica, alcançaram elevados escores de supereficiência, obtendo desempenho semelhante ou superior ao de municípios muito mais rico.

Essa distinção é importante porque demonstra que a eficiência identificada pelo DEA não depende apenas do tamanho da arrecadação. Caso isso ocorresse, todos os municípios com elevada arrecadação mineral estariam posicionados na fronteira eficiente.

Tabela 6 – Municípios com menores níveis de eficiência fiscal

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
Barão de Cocais	3105400	2020	174.34	10753.48	10879.10	0.2970	0.3035	0.9915
Barão de Cocais	3105400	2017	13.50	10410.48	10197.06	0.1265	0.1623	0.9911
Rio Acima	3154804	2017	17.02	11099.48	11405.09	0.1020	0.1338	0.9636
Rio Acima	3154804	2019	10.17	10650.05	11025.47	0.0985	0.1584	0.9211
Catas altas	3115359	2022	4299.43	18945.10	18849.71	0.0790	0.1757	0.9037
Santa Bárbara	3157203	2022	932.68	11491.81	15400.01	0.1751	0.2517	0.8664
São Gonçalo do Rio Abaixo	3161908	2020	7748.75	9746.21	26584.75	0.0945	0.2575	0.8503
Rio Piracicaba	3155702	2021	1046.66	15600.16	12278.13	0.1153	0.1549	0.8376
Brumadinho	3109006	2023	1010952.33	28691.82	18881.46	0.2154	0.2995	0.8346
Brumadinho	3109006	2022	1493.61	9913.76	12284.31	0.3382	0.4031	0.7981
São Gonçalo do Rio Abaixo	3161908	2021	17682.25	29305.53	31798.18	0.1193	0.2077	0.7160
Brumadinho	3109006	2024	1542715.46	4987.86	13855.57	0.2617	0.5830	0.6916
Barão de Cocais	3105400	2019	34.22	10618.23	10772.92	0.2931	0.3036	0.5067

Fonte: Autor (2026).

A tabela 6, evidencia que apesar de elevada arrecadação, municípios como Brumadinho (2023 e 2024) e São Gonçalo do Rio Abaixo (2021), registraram níveis reduzidos de eficiência, com escores inferiores a 1, evidenciando dificuldades na utilização eficiente dos recursos fiscais, o que reforça a hipótese de que a disponibilidade de recursos da CFEM não garante, por si só, melhor desempenho fiscal. Adicionalmente, observou-se variação nos níveis de eficiência de um mesmo município ao longo do período analisado, é o caso do município de Catas Altas nos anos de 2018 e 2022, o que reforça a tese de que a eficiência fiscal é dinâmica e dependente de fatores não relacionados a quantidade de recurso disponível.

A análise do *ranking* de eficiência revela ainda a recorrência de determinados municípios entre os mais bem posicionados ao longo do período analisado, compreendido entre 2015 e 2024. Em especial, destacam-se municípios com forte presença da atividade mineradora, o que sugere que a eficiência observada não ocorre de forma aleatória, mas pode está associada a fatores estruturais persistentes, como capacidade administrativa, planejamento fiscal e qualidade da governança pública.

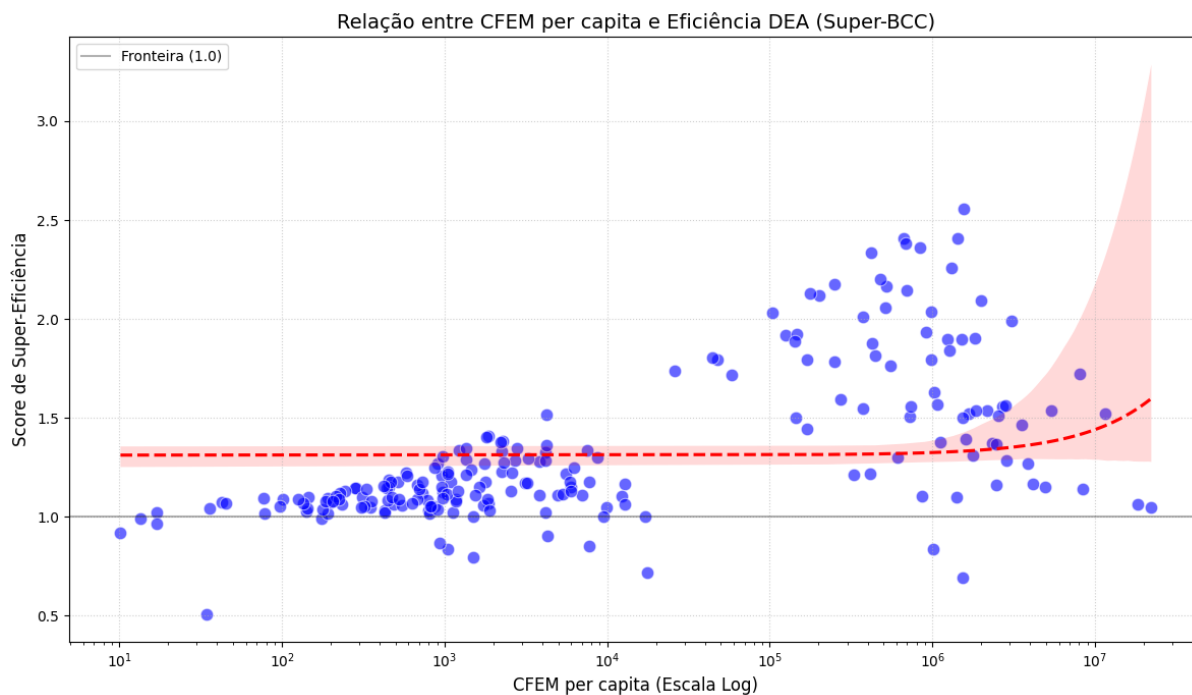


Figura 4 – relação entre *Cfem per capita* e eficiência DEA (Super BCC).

O gráfico 4 apresenta a relação entre a *CFEM per capita* (eixo horizontal, em escala logarítmica) e o escore de supereficiência obtido pelo modelo DEA Super-BCC orientado a *outputs* (eixo vertical). A linha horizontal em $y=1,0$ representa a fronteira de eficiência tradicional do modelo DEA, enquanto os pontos acima desse valor correspondem às observações classificadas como supereficientes.

Observa-se uma elevada dispersão dos municípios ao longo de toda a distribuição da *CFEM per capita*, indicando que municípios com níveis semelhantes de arrecadação mineral apresentaram desempenhos fiscais bastante distintos, o que corrobora com a tese que volume da *CFEM*, isoladamente, não explica os níveis de eficiência fiscal observados.

Embora a linha de tendência apresente uma inclinação positiva para os maiores níveis de *CFEM per capita*, essa relação mostra-se relativamente moderada e acompanhada de ampla variabilidade dos escores de eficiência. Nota-se que, entre os municípios com elevada arrecadação de *CFEM*, coexistem tanto municípios com elevados níveis de supereficiência quanto municípios posicionados próximos ou até mesmo abaixo da fronteira de eficiência. Da mesma forma, alguns municípios com menor arrecadação apresentam desempenho relativamente elevado.

A eficiência identificada pelo modelo DEA decorre da capacidade dos municípios em converter a receita proveniente da *CFEM* em melhores indicadores de resultado primário, poupança corrente, autonomia financeira e independência de transferências, e não simplesmente da disponibilidade de recursos financeiros.

Portanto, o gráfico 4 fornece uma evidência gráfica importante dos resultados

obtidos pelo modelo DEA, demonstrando que a eficiência fiscal não está diretamente associada ao maior nível de arrecadação da CFEM.

5 Conclusão

A presente pesquisa teve como objetivo analisar se os municípios mineradores de Minas Gerais com nível de participação da CFEM superior a 10% na Receita Corrente Líquida, conseguem converter os recursos oriundos da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) em sustentabilidade fiscal, utilizando como instrumento metodológico a Análise Envoltória de Dados (DEA), por meio do modelo de supereficiência orientado a *output*.

Os resultados obtidos permitem concluir que a elevada disponibilidade de receitas minerais não constitui condição suficiente para garantir melhor desempenho fiscal municipal. A análise demonstrou baixa associação entre a CFEM *per capita* e os indicadores fiscais utilizados no modelo, evidenciando que municípios com elevada arrecadação mineral podem apresentar baixos níveis de eficiência, ao mesmo tempo em que municípios com menor disponibilidade de recursos podem alcançar desempenhos fiscais superiores.

Esse resultado reforça a hipótese central do trabalho: a sustentabilidade fiscal não depende exclusivamente da quantidade de recursos arrecadados, mas principalmente da capacidade institucional e da eficiência da gestão pública na alocação desses recursos. A existência de municípios supereficientes mesmo em contextos de menor disponibilidade de receitas minerais sugerem que fatores relacionados à gestão fiscal, planejamento orçamentário e capacidade administrativa desempenham papel determinante.

A utilização do modelo DEA de supereficiência mostrou-se adequada ao contexto da pesquisa, especialmente por permitir maior discriminação entre os municípios eficientes e possibilitar a manutenção de observações extremas na análise. Os resultados também evidenciaram elevada heterogeneidade entre os municípios mineradores, indicando que os impactos fiscais da mineração não ocorrem de forma homogênea no território mineiro.

Adicionalmente, observou-se que alguns municípios fortemente dependentes da mineração apresentaram baixos níveis de eficiência fiscal, sugerindo possíveis dificuldades na transformação da renda mineral em capacidade estrutural de sustentabilidade financeira, dialogando com a literatura relacionada à dependência de recursos naturais.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho também contribui ao demonstrar a aplicabilidade do modelo DEA de supereficiência em estudos fiscais municipais, mesmo na presença de variáveis negativas e elevada heterogeneidade dos dados. O tratamento metodológico adotado — incluindo transformação por translação, análise de correlação não paramétrica, tratamento de *outliers* e manutenção de observações extremas — permitiu preservar a consistência econômica dos dados e garantir robustez aos resultados obtidos.

Entre as limitações do estudo, destaca-se a indisponibilidade de algumas informações fiscais para determinados períodos e municípios, bem como as limitações inerentes ao próprio modelo DEA, por se tratar de uma abordagem determinística sensível à composição da amostra. Além disso, a utilização de um único *input* pode favorecer a identificação de um maior número de municípios eficientes, exigindo cautela na interpretação dos escores de supereficiência.

Como agenda para pesquisas futuras, recomenda-se a incorporação de variáveis relacionadas à qualidade institucional, investimentos públicos, capacidade administrativa e indicadores socioeconômicos.

Por fim, conclui-se que a renda mineral, embora relevante para as finanças municipais, não garante automaticamente equilíbrio fiscal ou sustentabilidade financeira.

Nesse sentido, políticas públicas voltadas ao fortalecimento institucional e à diversificação econômica mostram-se fundamentais para reduzir a dependência da atividade mineradora.

APÊNDICE A – Resultado DEA
supereficiência BCC *Outputs* 2015-2024 por
Município

Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
BARÃO DE COCAIS	3105400	2015	141,8976717	10757,73403	11116,65599	0,142798294	0,222863827	1,0295452
BARÃO DE COCAIS	3105400	2016	284,9524443	9981,061741	10643,32979	0,098401791	0,165269174	1,1449132
BARÃO DE COCAIS	3105400	2017	13,50186169	10410,4838	10197,05681	0,126547115	0,162306135	0,9911158
BARÃO DE COCAIS	3105400	2018	47467,1169	10177,44611	10131,46801	0,137556368	0,163368573	1,7968421
BARÃO DE COCAIS	3105400	2019	34,21620159	10618,23098	10772,92194	0,293087007	0,303642731	0,50666558
BARÃO DE COCAIS	3105400	2020	174,3383914	10753,48441	10879,10364	0,296977811	0,303470589	0,99152887
BARÃO DE COCAIS	3105400	2021	794,5006463	10858,42704	11252,37573	0,284958283	0,299888044	1,0334023
BARÃO DE COCAIS	3105400	2022	427,1440902	10111,198	10875,96373	0,283663057	0,318565224	1,0324939
BARÃO DE COCAIS	3105400	2023	863154,1055	10952,51497	11830,32336	0,292584622	0,326946802	1,1060339
BARÃO DE COCAIS	3105400	2024	1400488,487	9623,81245	12229,81197	0,296008924	0,328789135	1,0987828
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2015	104258,4897	10221,32103	10428,72764	0,104479216	0,148513986	2,0320253
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2016	125176,3637	10382,1988	10460,1033	0,122618257	0,156795999	1,9200258
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2017	144,944071	10220,61151	10337,61126	0,143550985	0,194983667	1,1008404
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2018	282,6252236	10553,64764	10264,61546	0,088962004	0,113862585	1,1467641
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2019	375737,0036	10886,68377	10964,67233	0,109430563	0,138526606	2,0088652
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2020	310,5080361	10605,61058	11095,66533	0,10862606	0,159095041	1,0988393
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2021	733,1636519	11302,22019	11954,67876	0,069976452	0,096109408	1,1210878
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2022	4166,296338	13580,56801	14216,14211	0,058120428	0,100746802	1,3273074
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2023	1245687,351	10117,82013	11069,42115	0,108080804	0,200420413	1,899534
BELA VISTA DE MI-NAS	3106002	2024	1833351,257	7823,137052	11310,77647	0,123280366	0,162885509	1,9027404
BELO VALE	3106408	2016	954,0200349	11196,25471	11253,32418	0,123658786	0,150569978	1,2100791

Continua na próxima página

Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores (continuação)

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
BELO VALE	3106408	2017	1304641,239	11196,25471	11279,8548	0,080163726	0,105768983	2,2591471
BELO VALE	3106408	2018	2248,625827	11196,25471	12265,58997	0,084266877	0,093743625	1,3312446
BELO VALE	3106408	2019	4210,587852	12075,55695	14178,68092	0,067108872	0,074795607	1,3632562
BELO VALE	3106408	2020	8757,537238	12954,85919	19428,24245	0,049764271	0,072265788	1,2985398
BELO VALE	3106408	2021	18212367,61	24136,70676	29902,60331	0,035435057	0,073662544	1,0633916
BELO VALE	3106408	2022	7720,435353	16544,33391	19019,30806	0,055443821	0,182065262	1,176539
BELO VALE	3106408	2023	7486,478414	6260,460293	18827,75334	0,093527775	0,188853189	1,3348255
BELO VALE	3106408	2024	8011306,932	1	14495,91748	0,111904307	0,164728054	1,7247523
BRUMADINHO	3109006	2015	450,9035995	9855,695588	10031,30944	0,169716026	0,228184463	1,1889195
BRUMADINHO	3109006	2016	517,7936844	10280,18782	10596,69246	0,138730411	0,192530853	1,1790296
BRUMADINHO	3109006	2017	551609,6708	10273,4621	10430,31285	0,148034863	0,18883681	1,7638447
BRUMADINHO	3109006	2018	912,6184447	10508,78228	8470,714065	0,165594445	0,180938152	1,2690717
BRUMADINHO	3109006	2019	1129,537598	12517,92101	13506,35962	0,192079281	0,206874182	1,023919
BRUMADINHO	3109006	2020	1176,19235	9850,745711	12210,30094	0,250579678	0,267305231	1,0876702
BRUMADINHO	3109006	2021	2457093,776	12478,04152	13737,51421	0,252011065	0,296684489	1,16294
BRUMADINHO	3109006	2022	1493,605119	9913,755968	12284,31263	0,33819018	0,403146193	0,79810912
BRUMADINHO	3109006	2023	1010952,333	28691,8199	18881,46424	0,215435671	0,299533299	0,83457191
BRUMADINHO	3109006	2024	1542715,459	4987,855452	13855,56641	0,261673069	0,58295847	0,69155217
CATAS ALTAS	3115359	2015	1222,724198	9797,783347	11170,54613	0,058642023	0,093662764	1,3344775
CATAS ALTAS	3115359	2016	873,2593909	10076,83512	11321,09115	0,069107048	0,103067901	1,2491256
CATAS ALTAS	3115359	2017	1752,288518	11464,04603	11923,78494	0,040383137	0,067725602	1,2720481
CATAS ALTAS	3115359	2018	1548113,207	10304,99564	11132,70598	0,060567764	0,081379837	2,5590616
CATAS ALTAS	3115359	2019	5596,079453	15730,28499	16769,40514	0,047973142	0,069646976	1,2167445
CATAS ALTAS	3115359	2020	2242,080249	10826,80951	13836,0631	0,078723733	0,095966747	1,2294675
CATAS ALTAS	3115359	2021	4958,15599	15393,69999	18328,15924	0,060691031	0,086066008	1,1103574
CATAS ALTAS	3115359	2022	4299,432198	18945,10214	18849,70988	0,078962097	0,175720633	0,90371711
CATAS ALTAS	3115359	2023	2178339,206	5844,262051	12858,14367	0,139600086	0,298362484	1,5381494
CATAS ALTAS	3115359	2024	2681736,152	2771,539661	11359,94919	0,168523781	0,256810333	1,5567025
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	3117504	2016	1594395,64	10312,21893	11199,29387	0,213053269	0,237684125	1,3917967

Continua na próxima página

Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores (continuação)

Município		IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
CONCEIÇÃO MATO DENTRO	DO	3117504	2017	2283,995287	10118,96887	11631,18103	0,123187822	0,14496194	1,3817511
CONCEIÇÃO MATO DENTRO	DO	3117504	2018	1363,521801	9925,718802	11048,13709	0,16015266	0,202575073	1,28767
CONCEIÇÃO MATO DENTRO	DO	3117504	2019	5346450,529	14203,73995	16270,99191	0,126983309	0,137866105	1,5379066
CONCEIÇÃO MATO DENTRO	DO	3117504	2020	11508354,44	16544,4313	19917,40467	0,089723555	0,099833332	1,5200077
CONCEIÇÃO MATO DENTRO	DO	3117504	2021	22210673,96	25868,40645	30306,34072	0,066326447	0,095827192	1,0492253
CONCEIÇÃO MATO DENTRO	DO	3117504	2022	12890,93224	21822,8572	15400,01377	0,098555533	0,153377245	1,1647505
CONCEIÇÃO MATO DENTRO	DO	3117504	2023	6973,783165	16161,27286	19280,65381	0,13078462	0,210927299	1,1101385
CONCEIÇÃO MATO DENTRO	DO	3117504	2024	9902,077609	14347,81909	23161,29384	0,163013706	0,268477353	1,0500425
CONGONHAS		3118007	2015	807,2931963	10455,82823	11121,99	0,207730098	0,335250807	1,0169143
CONGONHAS		3118007	2016	863,1805201	10370,54733	11122,59823	0,177867126	0,315688148	1,0526674
CONGONHAS		3118007	2017	968,5404855	10455,75717	10960,88904	0,153605798	0,270050439	1,1234097
CONGONHAS		3118007	2018	1796,756839	10726,06169	11444,39204	0,159012282	0,263014738	1,1760261
CONGONHAS		3118007	2019	3147,154864	12188,7414	13418,72519	0,134873038	0,254763432	1,1717505
CONGONHAS		3118007	2020	2728,744425	11394,88306	12834,52007	0,130083595	0,182315759	1,2827247
CONGONHAS		3118007	2021	5990,203368	16726,50505	17284,13147	0,109466426	0,154234714	1,1490378
CONGONHAS		3118007	2022	3824,572242	13629,35593	12059,29487	0,152033608	0,263290726	1,1100746
CONGONHAS		3118007	2023	2344774,618	10050,68797	15498,3407	0,155219444	0,289490222	1,3702877
CONGONHAS		3118007	2024	3868213,351	3369,690966	14147,11691	0,198887224	0,330922806	1,2691146
DESTERRO DE TRE RIOS	EN-	3121407	2016	42,54240317	10383,82598	10453,9685	0,066872472	0,147608582	1,0721069
DESTERRO DE TRE RIOS	EN-	3121407	2017	101,6867684	10383,82598	10452,3872	0,065781332	0,150987084	1,0914953

Continua na próxima página

Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores (continuação)

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
DESTERRO TRE RIOS	DE EN- 3121407	2018	147617,3619	10301,96628	10400,84234	0,084621787	0,163911805	1,9232239
DESTERRO TRE RIOS	DE EN- 3121407	2019	451,7459839	10713,63311	10767,38362	0,065258723	0,136918634	1,149832
DESTERRO TRE RIOS	DE EN- 3121407	2020	661461,6893	10703,15925	11152,75562	0,061460567	0,115631163	2,4052809
DESTERRO TRE RIOS	DE EN- 3121407	2021	684267,8266	11095,09599	11578,61584	0,054048645	0,111606323	2,3822134
DESTERRO TRE RIOS	DE EN- 3121407	2022	976080,0463	12187,24213	12901,3432	0,050278532	0,143053469	2,0370804
DESTERRO TRE RIOS	DE EN- 3121407	2023	448054,9424	10775,88059	11738,19093	0,105143342	0,188989002	1,8154834
DESTERRO TRE RIOS	DE EN- 3121407	2024	427050,221	9648,51126	11582,99065	0,114095395	0,189382719	1,8783192
ITABIRA	3131703	2015	329090,3425	10452,4895	10487,53592	0,175170356	0,331442596	1,2152281
ITABIRA	3131703	2016	781,3500188	10490,90804	10884,37968	0,112489974	0,286246886	1,0834762
ITABIRA	3131703	2017	429,7574324	10447,94934	10818,54857	0,119854406	0,314110757	1,0214764
ITABIRA	3131703	2018	830,9369216	10620,24192	10924,90829	0,128041886	0,302706481	1,0549532
ITABIRA	3131703	2019	1170,512646	10641,14951	11416,21244	0,112030274	0,301415327	1,0779297
ITABIRA	3131703	2020	1087,827003	10490,94081	11406,58936	0,13199824	0,230400457	1,1765076
ITABIRA	3131703	2021	1867,568353	13098,06919	13513,55875	0,140727374	0,236039134	1,0681005
ITABIRA	3131703	2022	1739,400982	11613,61096	12543,85823	0,152120583	0,301610516	1,0587647
ITABIRA	3131703	2023	1113029,544	9592,413477	12224,99719	0,156268109	0,337347357	1,3751709
ITABIRA	3131703	2024	1663539,955	7422,27045	11124,94436	0,164940837	0,307318085	1,520024
ITABIRITO	3131901	2015	680,2954072	10114,11767	10437,35294	0,155352295	0,246310991	1,1618322
ITABIRITO	3131901	2016	986944,3284	10548,40902	10834,01513	0,121373136	0,219711705	1,7929153
ITABIRITO	3131901	2017	728539,0024	9758,916121	10432,9581	0,140568677	0,275967424	1,5080092
ITABIRITO	3131901	2018	1463,290368	9877,549192	10438,27446	0,140847107	0,249112929	1,2383216
ITABIRITO	3131901	2019	1364,53463	10058,97255	11624,07763	0,14110299	0,23183387	1,2150502
ITABIRITO	3131901	2020	2561,905844	13082,05809	13652,71395	0,146800608	0,226975112	1,1297794
ITABIRITO	3131901	2021	5930,431889	15865,7697	16724,06619	0,120045414	0,190407932	1,1755844

Continua na próxima página

Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores (continuação)

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
ITABIRITO	3131901	2022	4147,447439	9096,926253	19272,27839	0,141474778	0,283248076	1,0235826
ITABIRITO	3131901	2023	2540432,649	7064,032949	12859,79524	0,150775461	0,283574069	1,5134008
ITABIRITO	3131901	2024	3533730,783	7261,486997	11888,24507	0,178192564	0,283419818	1,4660478
ITATIAIUÇU	3133709	2016	576,2602178	10226,78421	10481,50363	0,099843272	0,139731604	1,222213
ITATIAIUÇU	3133709	2017	697562,5479	10226,78421	10481,50363	0,099843272	0,139731604	2,1447007
ITATIAIUÇU	3133709	2018	1985304,528	10801,56046	10934,28775	0,100587029	0,118121399	2,0935796
ITATIAIUÇU	3133709	2019	3059736,127	11445,12758	12321,1362	0,099482132	0,120822115	1,9907149
ITATIAIUÇU	3133709	2020	5332,441292	17134,93031	15784,89824	0,103970896	0,106994305	1,1157515
ITATIAIUÇU	3133709	2021	12337,94771	22824,73305	23881,40304	0,079730885	0,099007934	1,1026718
ITATIAIUÇU	3133709	2022	6240,734618	13317,37624	10861,20737	0,151350098	0,248711653	1,2488773
ITATIAIUÇU	3133709	2023	4155000,461	1830,06445	16322,60809	0,218942683	0,310668297	1,1644752
ITATIAIUÇU	3133709	2024	4926764,122	4116,993143	12938,93879	0,268758765	0,314935408	1,1500059
MARIANA	3140001	2015	1046,938653	10146,10742	10969,5721	0,114979875	0,215056598	1,2260985
MARIANA	3140001	2016	963,7384228	10455,5784	10962,5166	0,129089489	0,250283329	1,1504379
MARIANA	3140001	2017	675,7602869	10432,84483	10775,53859	0,149282634	0,279211245	1,0904234
MARIANA	3140001	2018	1038,157818	10370,50634	10758,36318	0,149271444	0,282442404	1,1151997
MARIANA	3140001	2019	900,7112143	10798,65873	11807,20609	0,145462902	0,304938963	1,0393606
MARIANA	3140001	2020	1629,296631	10600,82179	11240,68259	0,196446264	0,275515038	1,1523929
MARIANA	3140001	2021	3817,26984	12052,50065	12699,70435	0,166456837	0,210918392	1,2776578
MARIANA	3140001	2022	3233,03206	9003,040526	13422,19851	0,236748051	0,313568027	1,1710851
MARIANA	3140001	2023	1784731,808	11023,65735	12009,69393	0,224387272	0,28207955	1,3083485
MARIANA	3140001	2024	2472095,633	9385,802025	11505,2764	0,2133684	0,285823769	1,3670008
NAZARENO	3144508	2015	243,5336638	10533,08167	10409,35521	0,097031203	0,120969237	1,1296118
NAZARENO	3144508	2016	201043,7277	10544,20891	10747,21713	0,100288905	0,117359045	2,1190631
NAZARENO	3144508	2017	97,67050932	10616,79386	10777,46167	0,128619966	0,176839531	1,0549912
NAZARENO	3144508	2018	190,7205515	11001,54592	11182,00678	0,239577441	0,257293485	1,0157856
NAZARENO	3144508	2019	199,1291429	10468,93524	10782,24716	0,188891617	0,201740735	1,0744279
NAZARENO	3144508	2020	191,3051035	10199,28202	10945,81482	0,132123575	0,145815698	1,0952036
NAZARENO	3144508	2021	490,9319801	11449,67309	11786,57856	0,147456739	0,163992302	1,0617555
NAZARENO	3144508	2022	2577,785746	13094,01438	11299,75826	0,118460709	0,172605242	1,2224269
NAZARENO	3144508	2023	1836,548141	12989,50602	14142,98222	0,135000045	0,206919318	1,0871175

Continua na próxima página

Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores (continuação)

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
NAZARENO	3144508	2024	980,2453409	11197,80415	13484,172	0,143189354	0,218599404	1,0926282
PARACATU	3147006	2015	144855,9572	10356,92857	10523,60995	0,144577522	0,239147275	1,4991587
PARACATU	3147006	2016	169682,8409	10436,09285	10614,11944	0,146623016	0,25326216	1,4428569
PARACATU	3147006	2017	143,1314746	10676,8763	10602,44862	0,167282797	0,265678985	1,0419497
PARACATU	3147006	2018	234,7516357	10417,76181	10582,7637	0,200594713	0,276228393	1,0621664
PARACATU	3147006	2019	348,2075601	10906,76187	10950,13221	0,185087672	0,270663625	1,0478392
PARACATU	3147006	2020	448,5470717	10768,55009	11285,19877	0,16683556	0,243633859	1,0864809
PARACATU	3147006	2021	544,1679444	11179,91045	11885,17595	0,180997338	0,248060902	1,0570065
PARACATU	3147006	2022	631,9343576	10229,35593	10577,11761	0,186273868	0,299770543	1,0687708
PARACATU	3147006	2023	413897,6491	9581,462945	10827,34471	0,235323267	0,344475055	1,2197177
PARACATU	3147006	2024	608898,3059	9654,56709	11127,29051	0,225493874	0,323369185	1,2984581
PASSA TEMPO	3147709	2015	25903,11115	10200,5165	10466,23624	0,05501098	0,187237666	1,7396817
PASSA TEMPO	3147709	2016	57979,89551	9998,496206	10484,95586	0,053248979	0,194765141	1,7168609
PASSA TEMPO	3147709	2017	45,50379895	10180,28254	10410,64508	0,054947442	0,213838966	1,0679584
PASSA TEMPO	3147709	2018	586,6749079	10279,79997	10482,56137	0,064322673	0,180387353	1,2067523
PASSA TEMPO	3147709	2019	249987,9381	10310,66795	10600,81401	0,059397876	0,189762698	1,7833329
PASSA TEMPO	3147709	2020	442,536611	10515,05239	10962,00454	0,060809943	0,142417523	1,1466891
PASSA TEMPO	3147709	2021	701,8439942	11149,26689	11535,08287	0,061998778	0,141614334	1,1431912
PASSA TEMPO	3147709	2022	248898,883	9683,206794	11552,38031	0,065509176	0,140194815	2,1735853
PASSA TEMPO	3147709	2023	44629,83548	10686,46324	11013,90385	0,068544292	0,172971794	1,8030969
PASSA TEMPO	3147709	2024	178,1558259	10939,85458	11283,68974	0,06771134	0,169380634	1,0393596
PIRACEMA	3150604	2015	6,500758828	10425,45328	10472,57625	0,051164647	0,204645702	
PIRACEMA	3150604	2016	35,97675632	10423,86312	10670,64867	0,048546914	0,214329103	1,0417043
PIRACEMA	3150604	2017	76,94052277	9739,736505	10424,75286	0,049536185	0,186584769	1,0938016
PIRACEMA	3150604	2018	177881,3076	10103,42369	10462,32171	0,061174333	0,141094156	2,1297439
PIRACEMA	3150604	2019	516856,5719	10417,19557	10876,641	0,050730404	0,160439206	2,0573023
PIRACEMA	3150604	2020	725,818511	10587,96872	11479,89523	0,049121843	0,154747797	1,1789911
PIRACEMA	3150604	2021	1046,635593	11014,5365	11572,08834	0,042571755	0,126727388	1,2188634
PIRACEMA	3150604	2022	976,4223835	10284,30353	10656,90541	0,047030868	0,151771579	1,3040096
PIRACEMA	3150604	2023	522723,0188	9875,630547	10963,16553	0,050241899	0,152498657	2,1679779
PIRACEMA	3150604	2024	481066,6961	9804,698858	10766,79582	0,050500712	0,147698154	2,2022281

Continua na próxima página

Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores (continuação)

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
RIO ACIMA	3154804	2016	17,02036847	10728,36667	10905,53965	0,091875021	0,152183523	1,023279
RIO ACIMA	3154804	2017	17,02036847	11099,47544	11405,08542	0,101967291	0,133833505	0,96363913
RIO ACIMA	3154804	2018	1861,746055	10080,16018	10229,18638	0,113513968	0,17361308	1,4086094
RIO ACIMA	3154804	2019	10,17312335	10650,05238	11025,47242	0,098479668	0,158405487	0,92106151
RIO ACIMA	3154804	2020	474,7206089	10791,16722	11771,34598	0,094907135	0,149114823	1,0972486
RIO ACIMA	3154804	2021	1549,170425	12904,80024	13356,56995	0,090939996	0,143611971	1,1088902
RIO ACIMA	3154804	2022	2226,002566	10044,35237	10946,85855	0,117337065	0,197761328	1,3752935
RIO ACIMA	3154804	2023	917845,204	9123,041264	11128,23418	0,114229466	0,182808756	1,936169
RIO ACIMA	3154804	2024	1274286,436	10781,85133	11919,24337	0,114417861	0,186219465	1,8403867
RIO PIRACICABA	3155702	2015	228,6851901	10327,62583	10372,67873	0,115611461	0,180497873	1,1197426
RIO PIRACICABA	3155702	2016	418192,1765	10364,33294	10440,19721	0,081352903	0,12027114	2,3373364
RIO PIRACICABA	3155702	2017	470,086756	10502,49532	10557,40539	0,080851124	0,118884466	1,1771857
RIO PIRACICABA	3155702	2018	842734,3765	10436,1869	10663,89989	0,078688432	0,109366625	2,3617218
RIO PIRACICABA	3155702	2019	1438669,952	11568,03905	11591,86355	0,063516186	0,093780454	2,4095822
RIO PIRACICABA	3155702	2020	2327,74521	11989,38573	12733,00559	0,063841982	0,083358397	1,2750731
RIO PIRACICABA	3155702	2021	1046,656067	15600,16389	12278,13162	0,115308342	0,154892527	0,83757311
RIO PIRACICABA	3155702	2022	355,1016081	8242,609713	11677,00543	0,142745708	0,221729125	1,080539
RIO PIRACICABA	3155702	2023	4227,066639	9322,711395	10864,05702	0,162771286	0,214856357	1,517941
RIO PIRACICABA	3155702	2024	78,59777015	10738,55045	11086,99621	0,178170603	0,227700746	1,0152383
SANTA BÁRBARA	3157203	2015	187,0693801	10200,48498	10873,1761	0,115286401	0,219408356	1,0788344
SANTA BÁRBARA	3157203	2016	273324,2162	10507,71539	10844,70326	0,152188469	0,223927638	1,5942184
SANTA BÁRBARA	3157203	2017	135,9231617	10397,8298	10655,43009	0,157682667	0,217678321	1,0669839
SANTA BÁRBARA	3157203	2018	213,3997438	10061,26679	10614,09868	0,173752763	0,212191628	1,1070199
SANTA BÁRBARA	3157203	2019	222,9584213	10454,44341	10778,07584	0,167991317	0,197230433	1,0867533
SANTA BÁRBARA	3157203	2020	520,9140148	11184,60474	11501,869	0,160890252	0,203032441	1,0876145
SANTA BÁRBARA	3157203	2021	1215,387713	11784,50516	12268,09096	0,158063552	0,18964321	1,1325205
SANTA BÁRBARA	3157203	2022	932,6842051	11491,80975	15400,01377	0,175146443	0,25168259	0,86637443
SANTA BÁRBARA	3157203	2023	331,5940333	10591,73646	10537,34059	0,046217697	0,089201576	1,1407911
SANTA BÁRBARA	3157203	2024	737257,9297	8888,356241	11096,53334	0,17898348	0,234952407	1,5562156
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2015	2789,162979	7179,704801	11986,15316	0,101094993	0,253259004	1,3444561

Continua na próxima página

Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores (continuação)

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2016	3264,418952	9594,517148	12311,31698	0,083332037	0,254419367	1,2948131
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2017	4159,120043	11800,25108	13265,16684	0,071536311	0,225411908	1,2841549
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2018	6000,85795	13169,46535	17318,24112	0,070672717	0,266422909	1,1296121
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2019	8461898,147	17756,95725	21371,3154	0,069809122	0,30743391	1,1431355
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2020	7748,745801	9746,206775	26584,74679	0,094549333	0,257545999	0,85030453
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2021	17682,25174	29305,5279	31798,17817	0,119289543	0,207658087	0,71595474
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2022	17119,00009	15738,4416	26484,7177	0,125313677	0,260229838	1,0021695
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2023	9538,388529	4591,739707	21171,25722	0,13133781	0,312801589	1,0026585
SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	3161908	2024	12783,10282	550,0148152	20148,97748	0,161588621	0,293358042	1,0635507
SARZEDO	3165537	2015	168964,3421	10055,10426	10579,90462	0,143331942	0,149472202	1,7942747
SARZEDO	3165537	2016	143483,7938	10621,15409	10954,79046	0,124944521	0,119966975	1,8873091
SARZEDO	3165537	2017	125,0209208	10457,40356	10393,65716	0,150319546	0,086623611	1,088135
SARZEDO	3165537	2018	205,4728233	10224,53865	10592,82125	0,152184903	0,26359168	1,0799807
SARZEDO	3165537	2019	322,1975229	10907,08261	11346,36284	0,14826655	0,222204232	1,0553458
SARZEDO	3165537	2020	308,5810284	10727,67346	11421,45548	0,157699654	0,24720389	1,0494957
SARZEDO	3165537	2021	1022386,318	11838,85829	12498,98142	0,14832208	0,139646182	1,6311166
SARZEDO	3165537	2022	820,3074649	10933,43961	12088,30334	0,164055766	0,277998164	1,053204
SARZEDO	3165537	2023	374955,585	9354,306795	10967,25263	0,172802007	0,251036426	1,5474647
SARZEDO	3165537	2024	421,4537203	8134,585412	10900,7968	0,189987	0,246431077	1,1585053
TAPIRA	3168101	2015	1365,522008	9781,059569	10385,68756	0,14922715	0,16922461	1,3469695
TAPIRA	3168101	2016	1814,021282	10162,75088	10306,67916	0,131615143	0,151720359	1,4017901
TAPIRA	3168101	2017	1899,455734	11917,73477	12266,12248	0,270673908	0,302403667	1,0334259

Continua na próxima página

Tabela 7 – Resultados da DEA supereficiência dos Municípios Mineradores (continuação)

Município	IBGE	Ano	CFEM pc	Res. Prim. pc	Poup. Corrente pc	Autonomia	Indep. Transf.	DEA
TAPIRA	3168101	2018	1512491,262	8781,247265	9557,009351	0,141694605	0,170347131	1,8973777
TAPIRA	3168101	2019	1068676,347	11235,59995	11653,66865	0,167985284	0,176668004	1,5700868
TAPIRA	3168101	2020	1536296,542	12337,30062	13837,71147	0,160936749	0,164601206	1,5034008
TAPIRA	3168101	2021	1510,221215	13951,77643	14286,76396	0,165057136	0,178371017	1,0030306
TAPIRA	3168101	2022	2868698,763	11493,45139	11534,72951	0,234033165	0,27925847	1,2841256
TAPIRA	3168101	2023	1865214,265	11078,457	11563,70468	0,175815124	0,210124389	1,5362426
TAPIRA	3168101	2024	2816077,281	11912,42734	13570,95803	0,152774786	0,182802624	1,5605796

APÊNDICE B – Rank DEA supereficiência BCC *Outputs* 2015-2024

Tabela 8 – Rank DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024

Posição	Município	Ano	IBGE	DEA
1	CATAS ALTAS	2018	3115359	2,5590616
2	RIO PIRACICABA	2019	3155702	2,4095822
3	DESTERRO DE ENTRE RIOS	2020	3121407	2,4052809
4	DESTERRO DE ENTRE RIOS	2021	3121407	2,3822134
5	RIO PIRACICABA	2018	3155702	2,3617218
6	RIO PIRACICABA	2016	3155702	2,3373364
7	BELO VALE	2017	3106408	2,2591471
8	PIRACEMA	2024	3150604	2,2022281
9	PASSA TEMPO	2022	3147709	2,1735853
10	PIRACEMA	2023	3150604	2,1679779
11	ITATIAIUÇU	2017	3133709	2,1447007
12	PIRACEMA	2018	3150604	2,1297439
13	NAZARENO	2016	3144508	2,1190631
14	ITATIAIUÇU	2018	3133709	2,0935796
15	PIRACEMA	2019	3150604	2,0573023
16	DESTERRO DE ENTRE RIOS	2022	3121407	2,0370804
17	BELA VISTA DE MINAS	2015	3106002	2,0320253
18	BELA VISTA DE MINAS	2019	3106002	2,0088652
19	ITATIAIUÇU	2019	3133709	1,9907149
20	RIO ACIMA	2023	3154804	1,936169
21	DESTERRO DE ENTRE RIOS	2018	3121407	1,9232239
22	BELA VISTA DE MINAS	2016	3106002	1,9200258
23	BELA VISTA DE MINAS	2024	3106002	1,9027404
24	BELA VISTA DE MINAS	2023	3106002	1,899534
25	TAPIRA	2018	3168101	1,8973777
26	SARZEDO	2016	3165537	1,8873091
27	DESTERRO DE ENTRE RIOS	2024	3121407	1,8783192
28	RIO ACIMA	2024	3154804	1,8403867
29	DESTERRO DE ENTRE RIOS	2023	3121407	1,8154834
30	PASSA TEMPO	2023	3147709	1,8030969
31	BARÃO DE COCAIS	2018	3105400	1,7968421

Continua na próxima página

Tabela 8 – Rank DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024 (continuação)

Posição	Município	Ano	IBGE	DEA
32	SARZEDO	2015	3165537	1,7942747
33	ITABIRITO	2016	3131901	1,7929153
34	PASSA TEMPO	2019	3147709	1,7833329
35	BRUMADINHO	2017	3109006	1,7638447
36	PASSA TEMPO	2015	3147709	1,7396817
37	BELO VALE	2024	3106408	1,7247523
38	PASSA TEMPO	2016	3147709	1,7168609
39	SARZEDO	2021	3165537	1,6311166
40	SANTA BÁRBARA	2016	3157203	1,5942184
41	TAPIRA	2019	3168101	1,5700868
42	TAPIRA	2024	3168101	1,5605796
43	CATAS ALTAS	2024	3115359	1,5567025
44	SANTA BÁRBARA	2024	3157203	1,5562156
45	SARZEDO	2023	3165537	1,5474647
46	CATAS ALTAS	2023	3115359	1,5381494
47	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2019	3117504	1,5379066
48	TAPIRA	2023	3168101	1,5362426
49	ITABIRA	2024	3131703	1,520024
50	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2020	3117504	1,5200077
51	RIO PIRACICABA	2023	3155702	1,517941
52	ITABIRITO	2023	3131901	1,5134008
53	ITABIRITO	2017	3131901	1,5080092
54	TAPIRA	2020	3168101	1,5034008
55	PARACATU	2015	3147006	1,4991587
56	ITABIRITO	2024	3131901	1,4660478
57	PARACATU	2016	3147006	1,4428569
58	RIO ACIMA	2018	3154804	1,4086094
59	TAPIRA	2016	3168101	1,4017901
60	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2016	3117504	1,3917967
61	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2017	3117504	1,3817511
62	RIO ACIMA	2022	3154804	1,3752935

Continua na próxima página

Tabela 8 – Rank DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024 (continuação)

Posição	Município	Ano	IBGE	DEA
63	ITABIRA	2023	3131703	1,3751709
64	CONGONHAS	2023	3118007	1,3702877
65	MARIANA	2024	3140001	1,3670008
66	BELO VALE	2019	3106408	1,3632562
67	TAPIRA	2015	3168101	1,3469695
68	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2015	3161908	1,3444561
69	BELO VALE	2023	3106408	1,3348255
70	CATAS ALTAS	2015	3115359	1,3344775
71	BELO VALE	2018	3106408	1,3312446
72	BELA VISTA DE MINAS	2022	3106002	1,3273074
73	MARIANA	2023	3140001	1,3083485
74	PIRACEMA	2022	3150604	1,3040096
75	BELO VALE	2020	3106408	1,2985398
76	PARACATU	2024	3147006	1,2984581
77	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2016	3161908	1,2948131
78	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2018	3117504	1,28767
79	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2017	3161908	1,2841549
80	TAPIRA	2022	3168101	1,2841256
81	CONGONHAS	2020	3118007	1,2827247
82	MARIANA	2021	3140001	1,2776578
83	RIO PIRACICABA	2020	3155702	1,2750731
84	CATAS ALTAS	2017	3115359	1,2720481
85	CONGONHAS	2024	3118007	1,2691146
86	BRUMADINHO	2018	3109006	1,2690717
87	CATAS ALTAS	2016	3115359	1,2491256
88	ITATIAIUÇU	2022	3133709	1,2488773
89	ITABIRITO	2018	3131901	1,2383216
90	CATAS ALTAS	2020	3115359	1,2294675
91	MARIANA	2015	3140001	1,2260985
92	NAZARENO	2022	3144508	1,2224269
93	ITATIAIUÇU	2016	3133709	1,222213

Continua na próxima página

Tabela 8 – Rank DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024 (continuação)

Posição	Município	Ano	IBGE	DEA
94	PARACATU	2023	3147006	1,2191717
95	PIRACEMA	2021	3150604	1,2188634
96	CATAS ALTAS	2019	3115359	1,2167445
97	ITABIRA	2015	3131703	1,2152281
98	ITABIRITO	2019	3131901	1,2150502
99	BELO VALE	2016	3106408	1,2100791
100	PASSA TEMPO	2018	3147709	1,2067523
101	BRUMADINHO	2015	3109006	1,1889195
102	BRUMADINHO	2016	3109006	1,1790296
103	PIRACEMA	2020	3150604	1,1789911
104	RIO PIRACICABA	2017	3155702	1,1771857
105	BELO VALE	2022	3106408	1,176539
106	ITABIRA	2020	3131703	1,1765076
107	CONGONHAS	2018	3118007	1,1760261
108	ITABIRITO	2021	3131901	1,1755844
109	CONGONHAS	2019	3118007	1,1717505
110	MARIANA	2022	3140001	1,1710851
111	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2022	3117504	1,1647505
112	ITATIAIUÇU	2023	3133709	1,1644752
113	BRUMADINHO	2021	3109006	1,16294
114	ITABIRITO	2015	3131901	1,1618322
115	SARZEDO	2024	3165537	1,1585053
116	MARIANA	2020	3140001	1,1523929
117	MARIANA	2016	3140001	1,1504379
118	ITATIAIUÇU	2024	3133709	1,1500059
119	DESTERRO DE ENTRE RIOS	2019	3121407	1,149832
120	CONGONHAS	2021	3118007	1,1490378
121	BELA VISTA DE MINAS	2018	3106002	1,1467641
122	PASSA TEMPO	2020	3147709	1,1466891
123	BARÃO DE COCAIS	2016	3105400	1,1449132
124	PASSA TEMPO	2021	3147709	1,1431912

Continua na próxima página

Tabela 8 – Rank DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024 (continuação)

Posição	Município	Ano	IBGE	DEA
125	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2019	3161908	1,1431355
126	SANTA BÁRBARA	2023	3157203	1,1407911
127	SANTA BÁRBARA	2021	3157203	1,1325205
128	ITABIRITO	2020	3131901	1,1297794
129	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2018	3161908	1,1296121
130	NAZARENO	2015	3144508	1,1296118
131	CONGONHAS	2017	3118007	1,1234097
132	BELA VISTA DE MINAS	2021	3106002	1,1210878
133	RIO PIRACICABA	2015	3155702	1,1197426
134	ITATIAIUÇU	2020	3133709	1,1157515
135	MARIANA	2018	3140001	1,1151997
136	CATAS ALTAS	2021	3115359	1,1103574
137	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2023	3117504	1,1101385
138	CONGONHAS	2022	3118007	1,1100746
139	RIO ACIMA	2021	3154804	1,1088902
140	SANTA BÁRBARA	2018	3157203	1,1070199
141	BARÃO DE COCAIS	2023	3105400	1,1060339
142	ITATIAIUÇU	2021	3133709	1,1026718
143	BELA VISTA DE MINAS	2017	3106002	1,1008404
144	BELA VISTA DE MINAS	2020	3106002	1,0988393
145	BARÃO DE COCAIS	2024	3105400	1,0987828
146	RIO ACIMA	2020	3154804	1,0972486
147	NAZARENO	2020	3144508	1,0952036
148	PIRACEMA	2017	3150604	1,0938016
149	NAZARENO	2024	3144508	1,0926282
150	DESTERRO DE ENTRE RIOS	2017	3121407	1,0914953
151	MARIANA	2017	3140001	1,0904234
152	SARZEDO	2017	3165537	1,088135
153	BRUMADINHO	2020	3109006	1,0876702
154	SANTA BÁRBARA	2020	3157203	1,0876145
155	NAZARENO	2023	3144508	1,0871175

Continua na próxima página

Tabela 8 – Rank DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024 (continuação)

Posição	Município	Ano	IBGE	DEA
156	SANTA BÁRBARA	2019	3157203	1,0867533
157	PARACATU	2020	3147006	1,0864809
158	ITABIRA	2016	3131703	1,0834762
159	RIO PIRACICABA	2022	3155702	1,080539
160	SARZEDO	2018	3165537	1,0799807
161	SANTA BÁRBARA	2015	3157203	1,0788344
162	ITABIRA	2019	3131703	1,0779297
163	NAZARENO	2019	3144508	1,0744279
164	DESTERRO DE ENTRE RIOS	2016	3121407	1,0721069
165	PARACATU	2022	3147006	1,0687708
166	ITABIRA	2021	3131703	1,0681005
167	PASSA TEMPO	2017	3147709	1,0679584
168	SANTA BÁRBARA	2017	3157203	1,0669839
169	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2024	3161908	1,0635507
170	BELO VALE	2021	3106408	1,0633916
171	PARACATU	2018	3147006	1,0621664
172	NAZARENO	2021	3144508	1,0617555
173	ITABIRA	2022	3131703	1,0587647
174	PARACATU	2021	3147006	1,0570065
175	SARZEDO	2019	3165537	1,0553458
176	NAZARENO	2017	3144508	1,0549912
177	ITABIRA	2018	3131703	1,0549532
178	SARZEDO	2022	3165537	1,053204
179	CONGONHAS	2016	3118007	1,0526674
180	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2024	3117504	1,0500425
181	SARZEDO	2020	3165537	1,0494957
182	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2021	3117504	1,0492253
183	PARACATU	2019	3147006	1,0478392
184	PARACATU	2017	3147006	1,0414947
185	PIRACEMA	2016	3150604	1,0417043
186	MARIANA	2019	3140001	1,0393606

Continua na próxima página

Tabela 8 – Rank DEA supereficiência dos Municípios Mineradores 2015-2024 (continuação)

Posição	Município	Ano	IBGE	DEA
187	PASSA TEMPO	2024	3147709	1,0393596
188	TAPIRA	2017	3168101	1,0334259
189	BARÃO DE COCAIS	2021	3105400	1,0334023
190	BARÃO DE COCAIS	2022	3105400	1,0324939
191	BARÃO DE COCAIS	2015	3105400	1,0295452
192	BRUMADINHO	2019	3109006	1,023919
193	ITABIRITO	2022	3131901	1,0235826
194	RIO ACIMA	2016	3154804	1,023279
195	ITABIRA	2017	3131703	1,0214764
196	CONGONHAS	2015	3118007	1,0169143
197	NAZARENO	2018	3144508	1,0157856
198	RIO PIRACICABA	2024	3155702	1,0152383
199	TAPIRA	2021	3168101	1,0030306
200	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2023	3161908	1,0026585
201	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2022	3161908	1,0021695
202	BARÃO DE COCAIS	2020	3105400	0,99152887
203	BARÃO DE COCAIS	2017	3105400	0,9911158
204	RIO ACIMA	2017	3154804	0,96363913
205	RIO ACIMA	2019	3154804	0,92106151
206	CATAS ALTAS	2022	3115359	0,90371711
207	SANTA BÁRBARA	2022	3157203	0,86637443
208	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2020	3161908	0,85030453
209	RIO PIRACICABA	2021	3155702	0,83753711
210	BRUMADINHO	2023	3109006	0,83457191
211	BRUMADINHO	2022	3109006	0,79810912
212	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	2021	3161908	0,71595474
213	BRUMADINHO	2024	3109006	0,69155217
214	BARÃO DE COCAIS	2019	3105400	0,56066558
215	PIRACEMA	2015	3150604	-

APÊNDICE C – Mapeamento principais *benchmarking*

Tabela 9 – Mapeamento principais *benchmarking*

Município Alvo	Ano Alvo	Score supereficiência	benchmark de Referência	Peso (Rho)
CATAS ALTAS	2018	2,5590616	BRUMADINHO (2022)	0,1504
CATAS ALTAS	2018	2,5590616	BRUMADINHO (2023)	0,0289
CATAS ALTAS	2018	2,5590616	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,8206
RIO PIRACICABA	2019	2,4095822	BRUMADINHO (2022)	0,0676
RIO PIRACICABA	2019	2,4095822	BRUMADINHO (2023)	0,1972
RIO PIRACICABA	2019	2,4095822	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,7352
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2020	2,4052809	BRUMADINHO (2023)	0,1881
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2020	2,4052809	BRUMADINHO (2024)	0,1417
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2020	2,4052809	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,6702
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2021	2,3822134	BRUMADINHO (2023)	0,114
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2021	2,3822134	BRUMADINHO (2024)	0,168
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2021	2,3822134	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,718
RIO PIRACICABA	2018	2,3617218	BRUMADINHO (2022)	0,2353
RIO PIRACICABA	2018	2,3617218	BRUMADINHO (2023)	0,1566
RIO PIRACICABA	2018	2,3617218	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,6082
RIO PIRACICABA	2016	2,3373364	BRUMADINHO (2022)	0,2103
RIO PIRACICABA	2016	2,3373364	BRUMADINHO (2023)	0,2048
RIO PIRACICABA	2016	2,3373364	BRUMADINHO (2024)	0,036
RIO PIRACICABA	2016	2,3373364	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,5489
BELO VALE	2017	2,2591471	BRUMADINHO (2022)	0,201
BELO VALE	2017	2,2591471	BRUMADINHO (2023)	0,1853
BELO VALE	2017	2,2591471	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,6137
PIRACEMA	2021	2,2022281	BRUMADINHO (2022)	0,125
PIRACEMA	2021	2,2022281	BRUMADINHO (2023)	0,14
PIRACEMA	2021	2,2022281	BRUMADINHO (2024)	0,214
PIRACEMA	2021	2,2022281	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,521

Continua na próxima página

Tabela 9 – Mapeamento principais *benchmarking*

Município Alvo	Ano Alvo	Score supereficiência	benchmark de Referência	Peso (λ)
PASSA TEMPO	2022	2,1735853	BRUMADINHO (2022)	0,2014
PASSA TEMPO	2022	2,1735853	BRUMADINHO (2024)	0,1538
PASSA TEMPO	2022	2,1735853	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,6449
PIRACEMA	2023	2,1679779	BRUMADINHO (2022)	0,0975
PIRACEMA	2023	2,1679779	BRUMADINHO (2023)	0,1362
PIRACEMA	2023	2,1679779	BRUMADINHO (2024)	0,2435
PIRACEMA	2023	2,1679779	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,5228
ITATIAIUÇU	2017	2,1447007	BRUMADINHO (2022)	0,3429
ITATIAIUÇU	2017	2,1447007	BRUMADINHO (2023)	0,168
ITATIAIUÇU	2017	2,1447007	BRUMADINHO (2024)	0,0254
ITATIAIUÇU	2017	2,1447007	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4636
PIRACEMA	2018	2,1297439	BRUMADINHO (2022)	0,3703
PIRACEMA	2018	2,1297439	BRUMADINHO (2023)	0,145
PIRACEMA	2018	2,1297439	BRUMADINHO (2024)	0,025
PIRACEMA	2018	2,1297439	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4623
NAZARENO	2016	2,1190631	BRUMADINHO (2022)	0,3538
NAZARENO	2016	2,1190631	BRUMADINHO (2023)	0,1641
NAZARENO	2016	2,1190631	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4821
ITATIAIUÇU	2018	2,0935796	BRUMADINHO (2022)	0,3395
ITATIAIUÇU	2018	2,0935796	BRUMADINHO (2023)	0,1767
ITATIAIUÇU	2018	2,0935796	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4839
PIRACEMA	2019	2,0573023	BRUMADINHO (2022)	0,4663
PIRACEMA	2019	2,0573023	BRUMADINHO (2023)	0,2203
PIRACEMA	2019	2,0573023	BRUMADINHO (2024)	0,1856
PIRACEMA	2019	2,0573023	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,1278
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2022	2,0370801	BRUMADINHO (2023)	0,1775
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2022	2,0370801	BRUMADINHO (2024)	0,1797
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2022	2,0370801	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,6428

Continua na próxima página

Tabela 9 – Mapeamento principais *benchmarking*

Município Alvo	Ano Alvo	Score supereficiência	benchmark de Referência	Peso (λ)
BELA VISTA DE MINAS	2015	2,0320253	BRUMADINHO (2022)	0,4372
BELA VISTA DE MINAS	2015	2,0320253	BRUMADINHO (2023)	0,0913
BELA VISTA DE MINAS	2015	2,0320253	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4685
BELA VISTA DE MINAS	2019	2,008652	BRUMADINHO (2022)	0,3776
BELA VISTA DE MINAS	2019	2,008652	BRUMADINHO (2023)	0,1861
BELA VISTA DE MINAS	2019	2,008652	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4363
ITATIAIUÇU	2019	1,9907149	BRUMADINHO (2022)	0,3345
ITATIAIUÇU	2019	1,9907149	BRUMADINHO (2023)	0,0575
ITATIAIUÇU	2019	1,9907149	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,608
RIO ACIMA	2023	1,936169	BRUMADINHO (2022)	0,3204
RIO ACIMA	2023	1,936169	BRUMADINHO (2024)	0,2229
RIO ACIMA	2023	1,936169	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4567
DESTERRO DE ENTRE RIOS	2018	1,9232229	BRUMADINHO (2022)	0,4851
DESTERRO DE ENTRE RIOS	2018	1,9232229	BRUMADINHO (2023)	0,1387
DESTERRO DE ENTRE RIOS	2018	1,9232229	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3762
BELA VISTA DE MINAS	2016	1,9200258	BRUMADINHO (2022)	0,4796
BELA VISTA DE MINAS	2016	1,9200258	BRUMADINHO (2023)	0,116
BELA VISTA DE MINAS	2016	1,9200258	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4044
BELA VISTA DE MINAS	2024	1,9027401	BRUMADINHO (2022)	0,5266

Continua na próxima página

Tabela 9 – Mapeamento principais *benchmarking*

Município Alvo	Ano Alvo	Score supereficiência	benchmark de Referência	Peso (λ)
BELA VISTA DE MINAS	2024	1,9027401	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4734
BELA VISTA DE MINAS	2023	1,899534	BRUMADINHO (2022)	0,0335
BELA VISTA DE MINAS	2023	1,899534	BRUMADINHO (2023)	0,2531
BELA VISTA DE MINAS	2023	1,899534	BRUMADINHO (2024)	0,3817
BELA VISTA DE MINAS	2023	1,899534	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3317
TAPIRA	2018	1,8973777	BRUMADINHO (2022)	0,6496
TAPIRA	2018	1,8973777	BRUMADINHO (2023)	0,0765
TAPIRA	2018	1,8973777	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,2739
SARZEDO	2016	1,8873091	BRUMADINHO (2022)	0,4733
SARZEDO	2016	1,8873091	BRUMADINHO (2023)	0,1344
SARZEDO	2016	1,8873091	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3924
DESTERRO DE ENTRE RIOS	2024	1,8783192	BRUMADINHO (2023)	0,2631
DESTERRO DE ENTRE RIOS	2024	1,8783192	BRUMADINHO (2024)	0,0338
DESTERRO DE ENTRE RIOS	2024	1,8783192	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,2492
DESTERRO DE ENTRE RIOS	2024	1,8783192	BRUMADINHO (2022)	0,4539
RIO ACIMA	2024	1,8403867	BRUMADINHO (2023)	0,2172
RIO ACIMA	2024	1,8403867	BRUMADINHO (2024)	0,1403
RIO ACIMA	2024	1,8403867	BRUMADINHO (2022)	0,2123
RIO ACIMA	2024	1,8403867	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4301
DESTERRO DE ENTRE RIOS	2023	1,8154834	BRUMADINHO (2022)	0,2657
DESTERRO DE ENTRE RIOS	2023	1,8154834	BRUMADINHO (2023)	0,1538

Continua na próxima página

Tabela 9 – Mapeamento principais *benchmarking*

Município Alvo	Ano Alvo	Score supereficiência	benchmark de Referência	Peso (λ)
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2023	1,8154834	BRUMADINHO (2024)	0,1849
DESTERRO DE EN-TRE RIOS	2023	1,8154834	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3957
PASSA TEMPO	2023	1,8210969	BRUMADINHO (2022)	0,3163
PASSA TEMPO	2023	1,8210969	BRUMADINHO (2023)	0,2305
PASSA TEMPO	2023	1,8210969	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4532
BARÃO DE COCAIS	2018	1,7968421	BRUMADINHO (2022)	0,567
BARÃO DE COCAIS	2018	1,7968421	BRUMADINHO (2023)	0,0392
BARÃO DE COCAIS	2018	1,7968421	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3938
SARZEDO	2015	1,7942747	BRUMADINHO (2022)	0,5771
SARZEDO	2015	1,7942747	BRUMADINHO (2023)	0,1203
SARZEDO	2015	1,7942747	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3026
ITABIRITO	2016	1,7929153	BRUMADINHO (2022)	0,0379
ITABIRITO	2016	1,7929153	BRUMADINHO (2023)	0,3617
ITABIRITO	2016	1,7929153	BRUMADINHO (2024)	0,388
ITABIRITO	2016	1,7929153	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,2124
PASSA TEMPO	2019	1,7833329	BRUMADINHO (2022)	0,5046
PASSA TEMPO	2019	1,7833329	BRUMADINHO (2023)	0,1774
PASSA TEMPO	2019	1,7833329	BRUMADINHO (2024)	0,0422
PASSA TEMPO	2019	1,7833329	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,2759
BRUMADINHO	2017	1,7638447	BRUMADINHO (2022)	0,5713
BRUMADINHO	2017	1,7638447	BRUMADINHO (2023)	0,1744
BRUMADINHO	2017	1,7638447	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,2543
PASSA TEMPO	2015	1,7396817	BRUMADINHO (2022)	0,5956
PASSA TEMPO	2015	1,7396817	BRUMADINHO (2023)	0,018
PASSA TEMPO	2015	1,7396817	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3865
BELO VALE	2024	1,7247523	BRUMADINHO (2022)	0,3089
BELO VALE	2024	1,7247523	BRUMADINHO (2024)	0,0428
BELO VALE	2024	1,7247523	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,6483
PASSA TEMPO	2016	1,7168609	BRUMADINHO (2022)	0,6244
PASSA TEMPO	2016	1,7168609	BRUMADINHO (2023)	0,0507

Continua na próxima página

Tabela 9 – Mapeamento principais *benchmarking*

Município Alvo	Ano Alvo	Score supereficiência	benchmark de Referência	Peso (λ)	
PASSA TEMPO	2016	1,7168609	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3248	
SARZEDO	2021	1,6311166	BRUMADINHO (2022)	0,5119	
SARZEDO	2021	1,6311166	BRUMADINHO (2023)	0,11	
SARZEDO	2021	1,6311166	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3781	
SANTA BÁRBARA	2016	1,5942184	BRUMADINHO (2022)	0,5724	
SANTA BÁRBARA	2016	1,5942184	BRUMADINHO (2023)	0,1819	
SANTA BÁRBARA	2016	1,5942184	BRUMADINHO (2024)	0,0552	
SANTA BÁRBARA	2016	1,5942184	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,1905	
TAPIRA	2019	1,5700868	BRUMADINHO (2022)	0,597	
TAPIRA	2019	1,5700868	BRUMADINHO (2023)	0,1433	
TAPIRA	2019	1,5700868	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,2597	
TAPIRA	2024	1,5605796	BRUMADINHO (2022)	0,5442	
TAPIRA	2024	1,5605796	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4558	
CATAS ALTAS	2024	1,5567025	BRUMADINHO (2022)	0,4848	
CATAS ALTAS	2024	1,5567025	BRUMADINHO (2024)	0,2594	
CATAS ALTAS	2024	1,5567025	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,2558	
SANTA BÁRBARA	2024	1,5562156	BRUMADINHO (2022)	0,6862	
SANTA BÁRBARA	2024	1,5562156	BRUMADINHO (2024)	0,0635	
SANTA BÁRBARA	2024	1,5562156	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,2503	
SARZEDO	2023	1,5171617	BRUMADINHO (2022)	0,5336	
SARZEDO	2023	1,5171617	BRUMADINHO (2023)	0,0888	
SARZEDO	2023	1,5171617	BRUMADINHO (2024)	0,1821	
SARZEDO	2023	1,5171617	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,1955	
CATAS ALTAS	2023	1,5381491	BRUMADINHO (2024)	0,6699	
CATAS ALTAS	2023	1,5381491	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3301	
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	DO	2019	1,5379066	BRUMADINHO (2022)	0,3472
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	DO	2019	1,5379066	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,6528
TAPIRA	2023	1,5362126	BRUMADINHO (2022)	0,6293	
TAPIRA	2023	1,5362126	BRUMADINHO (2023)	0,1388	
TAPIRA	2023	1,5362126	BRUMADINHO (2024)	0,2319	

Continua na próxima página

Tabela 9 – Mapeamento principais *benchmarking*

Município Alvo	Ano Alvo	Score supereficiência	benchmark de Referência	Peso (λ)
ITABIRA	2024	1,520021	BRUMADINHO (2022)	0,2113
ITABIRA	2024	1,520021	BRUMADINHO (2023)	0,0393
ITABIRA	2024	1,520021	BRUMADINHO (2024)	0,5717
ITABIRA	2024	1,520021	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,1777
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2020	1,5200077	BRUMADINHO (2022)	0,0781
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	2020	1,5200077	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,9219
RIO PIRACICABA	2023	1,517941	BRUMADINHO (2022)	0,6327
RIO PIRACICABA	2023	1,517941	CATAS ALTAS (2022)	0,2152
RIO PIRACICABA	2023	1,517941	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2020)	0,0335
RIO PIRACICABA	2023	1,517941	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,1186
ITABIRITO	2023	1,5134008	BRUMADINHO (2022)	0,1718
ITABIRITO	2023	1,5134008	BRUMADINHO (2024)	0,5007
ITABIRITO	2023	1,5134008	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,3275
ITABIRITO	2017	1,5080092	BRUMADINHO (2022)	0,3741
ITABIRITO	2017	1,5080092	BRUMADINHO (2023)	0,2691
ITABIRITO	2017	1,5080092	BRUMADINHO (2024)	0,2949
ITABIRITO	2017	1,5080092	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,062
TAPIRA	2020	1,5034008	BRUMADINHO (2022)	0,5543
TAPIRA	2020	1,5034008	BRUMADINHO (2023)	0,0138
TAPIRA	2020	1,5034008	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,4319
PARACATU	2015	1,4991587	BRUMADINHO (2022)	0,7061
PARACATU	2015	1,4991587	BRUMADINHO (2023)	0,1395
PARACATU	2015	1,4991587	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,1543
ITABIRITO	2024	1,4660478	BRUMADINHO (2022)	0,4359
ITABIRITO	2024	1,4660478	BRUMADINHO (2024)	0,3268
ITABIRITO	2024	1,4660478	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,2373
PARACATU	2016	1,4428569	BRUMADINHO (2022)	0,7295
PARACATU	2016	1,4428569	BRUMADINHO (2023)	0,1649
PARACATU	2016	1,4428569	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,1056
RIO ACIMA	2018	1,4086094	BARÃO DE COCAIS (2019)	0,5043

Continua na próxima página

Tabela 9 – Mapeamento principais *benchmarking*

Município Alvo	Ano	Alvo	Score	supereficiência	benchmark de Referência	Peso (λ)
RIO ACIMA	2018		1,4086094		CATAS ALTAS (2022)	0,4098
RIO ACIMA	2018		1,4086094		RIO PIRACICABA (2021)	0,0228
RIO ACIMA	2018		1,4086094		SANTA BÁRBARA (2022)	0,0631
TAPIRA	2016		1,4017901		BARÃO DE COCAIS (2019)	0,4263
TAPIRA	2016		1,4017901		CATAS ALTAS (2022)	0,3727
TAPIRA	2016		1,4017901		RIO PIRACICABA (2021)	0,085
TAPIRA	2016		1,4017901		SANTA BÁRBARA (2022)	0,1161
CONCEIÇÃO	DO	2016	1,3917967		BRUMADINHO (2022)	0,7681
MATO DENTRO						
CONCEIÇÃO	DO	2016	1,3917967		BRUMADINHO (2023)	0,0946
MATO DENTRO						
CONCEIÇÃO	DO	2016	1,3917967		SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2021)	0,1373
MATO DENTRO						
CONCEIÇÃO	DO	2017	1,3817511		BARÃO DE COCAIS (2020)	0,0114
MATO DENTRO						
CONCEIÇÃO	DO	2017	1,3817511		BRUMADINHO (2022)	0,1816
MATO DENTRO						
CONCEIÇÃO	DO	2017	1,3817511		CATAS ALTAS (2022)	0,3737
MATO DENTRO						
CONCEIÇÃO	DO	2017	1,3817511		SANTA BÁRBARA (2022)	0,4332
MATO DENTRO						
RIO ACIMA		2022	1,3752935		BARÃO DE COCAIS (2019)	0,1861